



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Programa de Investigación, Estudios Nacionales
y Servicios del Ambiente



PIENSA

Estimación de los valores per cápita de carga orgánica y factores de generación de agua residual en la Urbanización San Miguel municipio de Ciudad Sandino y Condominio Palmetto municipio de Nindirí, en el periodo de junio a diciembre de 2016.

Tesis para optar al título de:
Maestro en Ingeniería Ambiental

Tesistas:

- **Ing. José Alejandro González Suárez**
- **Ing. Pablo Alfonso Angulo Angulo**

Tutor:

MSc. Ing. Sergio Gámez Guerrero

Managua, Julio de 2017.

Dedicatoria

A ***Jehová***, Dios creador del universo, dador de la vida, ciencia y conocimiento.

A mis padres ***María Emilia Suarez Contreras y Jorge González Tercero***, quienes dieron todo por mí y les debo todo lo que soy. A mi esposa ***Dhyana Kuhl*** por ser paciente, estar siempre a mi lado apoyándome en cada nuevo reto que asumo. A mi hijo ***Adrien Ari González Kuhl***, quien me hace feliz cada día y me da inspiración. A mi hijo ***José Alejandro González Torrez***, cuya memoria llevo conmigo siempre.

A todas las personas y amigos que me apoyaron de una u otra manera.

Ing. José Alejandro González Suárez

Dedicatoria

A mis padres **María Cristina Angulo Martínez (q.e.p.d)** y **Juan Pablo Angulo Soza**, por darme la vida, la inspiración y los deseos de superación, *a mi mamita **Juana Martínez (q.e.p.d)*** que me cuidó y me quiso tanto, a mi hermana Elda y a mis hijos por ser las personas que me ha acompañado durante todo mi trayecto de formación tanto académica como personal.

Al **PhD. Wilfredo Ticona Cuba** que fue mi mentor y una de las personas

Quien más me apoyo en la maestría, eternamente agradecido.

Y a toda las personas que de una forma u otra me,

inspiraron a ser una mejor persona

y a superarme.

Ing. Pablo Alfonso Angulo Angulo

Agradecimiento

A todas las personas que de diferentes formas dieron su aporte para que el anhelo de cursar nuestra maestría y de realizar esta tesis fuera una realidad.

A la directiva del Condominio Palmetto por darnos la oportunidad y el acceso a la planta de tratamiento de agua residual, de igual manera al gerente general de URMOSA que nos autorizó el acceso a la planta de tratamiento de agua residual y al sistema de agua potable de la Urbanización San Miguel garantizándonos de esta manera poder realizar los muestreos y monitoreos continuos durante 30 días.

Al *MSc. Ing. Henry Vilchez* por todo el aporte y colaboración en el presente estudio, así mismo a los estudiantes *Br. Engel Caballero* y *Br. Aldwin Torres*, por el apoyo incondicional durante el monitoreo en las dos residenciales.

Finalmente queremos agradecer a nuestro tutor *MSc. Ing. Sergio Gámez* por el apoyo técnico y científico brindado.

Resumen Ejecutivo

En Nicaragua el ente regulador del sector de agua potable y alcantarillado sanitario (INAA), elaboró la “Guía Técnica para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales”, con objetivo de establecer las principales orientaciones y criterios para el diseño de alcantarillados sanitarios.

Los parámetros utilizados en el diseño de sistemas de tratamiento de agua residual doméstica, son adoptados de normas extranjeras, se desconoce si estos valores son apropiados, si los sistemas de tratamiento están siendo dimensionados correctamente acorde a la realidad, costumbres alimenticias y calidad de vida de las poblaciones del país.

En este estudio se realizó un monitoreo continuo por 30 días en los sistemas de tratamiento de agua residual y sistema de abastecimiento de dos residenciales privadas, además se realizó un muestreo de agua residual cruda en los afluentes de las plantas de tratamiento, con el objetivo de determinar valores de carga orgánica per cápita, nutrientes per cápita y factores de diseño de plantas de tratamiento. Se pretende dar indicadores de estos parámetros para seguir investigando en otras urbanizaciones similares, a fin de mejorar la data estadística sobre este particular y establecer las pautas para una revisión de los criterios establecido en las guías técnicas vigentes.

Los resultados de los monitoreos en los sistemas estudiados comprenden los hidrogramas de variación de caudal promedio horario y diario, el consumo per cápita de agua potable, los factores de consumo de máxima hora , máximo día, factor de Harmon , factor de retorno de agua residual y valores de carga orgánica per cápita en términos de DQO y DBO₅ , nutrientes per cápita en términos de Nitrógeno y Fósforo Total; estos resultados en muchos casos difieren a lo establecido en las normas vigentes y coinciden con estudios nacionales y de referencia bibliográfica.

Es evidente la necesidad de seguir investigando este tema, mejorando la articulación de toda las entidades vinculadas, con el fin de incluirlo en los lineamientos de investigación actuales y futuros, así mismo establecer los mecanismos de integración y colaboración de universidades y cámaras urbanizadoras para garantizar que en los sistemas existentes se instalen instrumentos de medición de caudal y facilitar a los estudiantes el acceso a sus sistemas.

Índice General

Capítulo I. Introducción.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2 Antecedente	2
1.3 Justificación	3
1.4. Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
Capitulo II. Marco Teórico y Conceptual	6
2.1. Agua residual doméstica (ARD)	6
2.2. Composición del agua residual doméstica (ARD).....	6
2.3. Materia Orgánica.....	7
2.4. Demanda Bioquímica de Oxígenos (DBO)	8
2.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)	8
2.6. Carga orgánica en plantas de tratamiento.	9
2.7. Nutrientes.....	9
2.8. Contribución per cápita, relación agua potable-agua residual	10
2.9. Dotación de agua potable	10
2.10. Factor de retorno de aguas residuales	10
2.11. Hidrograma	11
2.12. Factor máximo día	11
2.13. Factor máxima hora	11
2.14. Muestreo de agua residual	12
2.15. Población equivalente (PE)	12
2.16. Aporte de agua residual.....	13
Capitulo III. Metodología.....	14
3.1. Descripción del área de estudio	14
3.1.2. Nivel económico de las áreas de estudio	16
3.2. Sistemas de tratamientos.....	16
3.2.1. Sistema de tratamiento de Condominio Palmetto.....	16
3.2.2. Sistema de tratamiento de Urbanización San Miguel.....	19

3.3. Tipo de estudio	22
3.4. Criterios adoptados para la selección de la urbanización	22
3.5. Materiales y métodos	23
3.5.1. Procedimientos del estudio	23
3.5.2. Universo del estudio	25
3.5.3. <i>Carga contaminante</i>	29
3.5.4. Procesamiento estadístico de los datos	34
3.5.5. Justificación de la metodología.....	36
Capítulo IV. Resultados y discusión.....	37
4.1. Hidrogramas.....	37
4.1.1. Hidrograma de agua potable	37
4.1.2. <i>Hidrograma de agua residual</i>	40
4.2. Factores de consumo de agua potable.....	43
4.2.1. Factores de consumo de agua potable Condominio Palmetto	43
4.2.2. Factores de consumo de agua potable Urbanización San Miguel.....	45
4.3 Factor de Harmon.....	47
4.3.1 Factor de Harmon para Condominio Palmetto	47
4.3.2 Factor de Harmon para Urbanización San Miguel	48
4.3.2. Factores de retorno de agua residual Condominio Palmetto	50
4.3.3. Factores de retorno de agua residual Urbanización San Miguel.....	51
4.4. Carga orgánica	52
4.4.1. Carga orgánica total Condominio Palmetto	52
4.4.2. Carga orgánica total Urbanización San Miguel	53
4.4.3. Carga orgánica per cápita Condominio Palmetto	54
4.4.4. Carga orgánica per cápita Urbanización San Miguel	56
4.4.5. Carga de nutrientes total Condominio Palmetto	57
4.4.6. Carga de nutrientes total Urbanización San Miguel	58
4.4.7. Carga de nutrientes per cápita Condominio Palmetto.....	60
4.4.8. Carga de nutrientes per cápita Urbanización San Miguel.....	61
4.4.9. Comparación de resultados obtenidos en las residenciales de estudio versus recomendados guías nacionales y bibliografía	63

Capítulo	V. Conclusiones	66
Capítulo	VI. Recomendaciones.....	70
Capítulo	VII. Bibliografía	71
Capítulo	VIII. Anexos	74

Índice de Figuras

Figura No. II- 1 Composición típica del agua residual doméstica.	7
---	---

Índice de Imágenes

Imagen No. III- 1 Macro y micro localización del Condominio Palmetto	14
Imagen No. III- 2 Macro y micro localización de la Urbanización San Miguel	15
Imagen No. III- 3 Diagrama de los procesos unitarios de la PTAR Condominio Palmetto	19
Imagen No. III- 4 Diagrama de los procesos unitarios de la PTAR Urbanización San Miguel ...	21
Imagen No. III- 5 Diagrama de etapas y procesos metodológicos para la realización del presente estudio	24
Imagen No. III- 6 Macromedidor de agua potable del Condominio Palmetto	27
Imagen No. III- 7 Hidrograma de variaciones horarias de consumo para calcular factor máxima hora	32
Imagen No. III- 8 Hidrograma de variaciones diarias de consumo para calcular el factor de máximo día.....	33
Imagen No. III- 9 Campana de Gauss para la distribución normal y porcentaje de datos por cada desviación estándar	35

Índice de Tablas

Tabla No.III- 1 Lista de variables consideradas para esta investigación.....	26
Tabla No.III- 2 Número representativo de muestras por parámetros	28
Tabla No.III- 3. Ensayos de laboratorio y sus Standard Methods.	29
Tabla No.IV- 1. Factor de retorno por día para el agua residual Condominio Palmetto.	50
Tabla No.IV- 2. Factor de retorno por día para el agua residual Urbanización San Miguel	52
Tabla No.IV- 3.Carga orgánica total para el Condominio Palmetto.....	53
Tabla No.IV- 4. Carga orgánica total Urbanización San Miguel.	54
Tabla No.IV- 5.Carga orgánica per cápita para el Condominio Palmetto.	55
Tabla No.IV- 6. Tabla No.IV- 7.Carga orgánica per cápita para Urbanización San Miguel	56
Tabla No.IV- 7.Carga de nutrientes total para Condominio Palmetto.....	57
Tabla No.IV- 8. Carga de nutrientes total para Urbanización San Miguel.....	58
Tabla No.IV- 9.Carga de nutrientes per cápita para el Condominio Palmetto.	60
Tabla No.IV- 10. Carga de nutrientes per cápita para la Urbanización San Miguel.	61
Tabla No.IV- 11. Resumen y comparación de resultados obtenidos en las residenciales de estudio versus recomendados guías nacionales y bibliografía.	Error! Bookmark not defined.

Índice de Gráficas

Gráfico No.IV- 1. Hidrograma de variación de caudal horario del agua potable para el Condominio Palmetto.....	37
Gráfico No.IV- 2. Hidrograma de caudal promedio diario de agua potable para el Condominio Palmetto.....	38
Gráfico No.IV- 3. Hidrograma de variación de caudal horario de agua potable para Urbanización San Miguel.....	39
Gráfico No.IV- 4.Hidrograma de caudal promedio diario de agua potable para Urbanización San Miguel.....	39
Gráfico No.IV- 5. Hidrograma de caudal promedio diario de la planta de tratamiento Condominio Palmetto.....	40
Gráfico No.IV- 6. Hidrograma de caudal promedio horario de la planta de tratamiento Condominio Palmetto.....	41
Gráfico No.IV- 7. Hidrograma de caudal promedio diario de la planta de tratamiento Urbanización San Miguel.....	42
Gráfico No.IV- 8. Hidrograma de caudal promedio horario de la planta de tratamiento Urbanización San Miguel.....	43
Gráfico No.IV- 9. Hidrograma de variación de caudal promedio diario Condominio Palmetto.....	44
Gráfico No.IV- 10 . Hidrograma de variación de caudal horario del día de máximo consumo Condominio Palmetto.....	45
Gráfico No.IV- 11. Hidrograma de variación de caudal promedio diario Urbanización San Miguel.....	46
Gráfico No.IV- 12. Hidrograma de variación de caudal horario del día de máximo consumo Urbanización San Miguel.....	47
Gráfico No.IV- 13. Hidrograma de variación de caudal horario en la PTAR de Urbanización San Miguel.....	49
Gráfico No.IV- 14. Factor de retorno por día para el agua residual Condominio Palmetto.....	50

Gráfico No.IV- 15. Factor de retorno de agua residual Urbanización San Miguel.	51
Gráfico No.IV- 16. Carga orgánica total planta de tratamiento de Condominio Palmetto.....	53
Gráfico No.IV- 17. Carga orgánica total planta de tratamiento de Urbanización San Miguel.....	54
Gráfico No.IV- 18. Carga orgánica per cápita planta de tratamiento de Condominio Palmetto.	55
Gráfico No.IV- 19. Carga orgánica per cápita planta de tratamiento de Urbanización San Miguel. ..	56
Gráfico No.IV- 20. Carga de nutrientes total para Nitrógeno planta de tratamiento Condominio Palmetto.	57
Gráfico No.IV- 21. Carga de nutrientes total para Fósforo planta de tratamiento Condominio Palmetto.	58
Gráfico No.IV- 22. Carga de nutrientes total para Nitrógeno planta de tratamiento Urbanización San Miguel.....	59
Gráfico No.IV- 23. Carga de nutrientes total para Fósforo planta de tratamiento Urbanización San Miguel.....	59
Gráfico No.IV- 24. Carga de nutrientes per cápita para Nitrógeno planta de tratamiento Condominio Palmetto.	60
Gráfico No.IV- 25.Carga de nutrientes per cápita para Fósforo planta de tratamiento Condominio Palmetto.	61
Gráfico No.IV- 26. Carga de nutrientes per cápita para Nitrógeno planta de tratamiento Urbanización San Miguel.....	62
Gráfico No.IV- 27. Carga de nutrientes per cápita para Fósforo planta de tratamiento Urbanización San Miguel.....	62

Índice de Anexos

Anexo No. 1. Fotos de la Planta de Tratamiento de Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.	74
Anexo No. 2. Fotos de muestreo de las Planta de Tratamiento de Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.	75
Anexo No. 3.Resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de PTAR Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.	76
Anexo No. 4.Formato de encuesta aplicada y procesada para los . Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.	78
Anexo No.5.Formato de recolección de datos para monitoreo de PTAR y AP . Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.	81
Anexo No.6. Metodología análisis estadístico de los registros de caudal de PTAR para Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.	83
Anexo No.7. Resultados del análisis estadístico de los registros de caudal de PTAR para Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.	89

Capítulo I. Introducción

1.1. Generalidades

En Nicaragua el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), ente regulador del sector de agua potable y alcantarillado sanitario, a través del departamento de fiscalización ha preparado las “Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales”. Estas guías tienen como objetivo establecer las principales orientaciones y criterios para el diseño de alcantarillados sanitarios utilizados, así como para proyectar la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se pueden aplicar en el país.

Para el diseño de cualquier sistema de tratamiento, es fundamental conocer la carga orgánica, expresada en demanda biológica de oxígeno a los 5 días (DBO_5) con la cual trabajará. También es importante conocer la demanda química de oxígeno (DQO), así como el caudal promedio y máximo de aguas residuales que recibirá el sistema de tratamiento.

La carga de nutrientes que recibe una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales no afecta su desempeño; sin embargo, es importante conocer estos valores para seleccionar una tecnología apropiada que controle la calidad del efluente en los vertidos puntuales en cuerpos de agua superficial. Altas concentraciones de nutrientes pueden afectar la calidad del agua en cuerpos receptores, ocasionando daños a la población acuática y posible eutrofización.

La relación agua residual generada con respecto al agua potable suministrada es un dato importante, ya que por medio de esta relación es que se calculan los caudales medios y máximos de agua residual que son utilizados para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

A través de la construcción y análisis de Hidrogramas de agua potable y agua residual, se pueden determinar los factores de generación de aguas residuales, factores de máxima hora y máximo día en el caso del agua potable y factor de Harmon para el caso del agua residual. Permitiendo observar

la influencia que pudiera tener el nivel económico de la población en la generación de estos factores y los valores per cápita de carga orgánica y de nutrientes.

Para tal efecto, se tomaron los registros de agua potable y residual en la Urbanización San Miguel y el Condominio Palmetto. Ambos residenciales cuentan con sistemas de alcantarillado sanitario y PTAR privadas, donde se midieron los caudales de aguas residuales y se recolectaron las muestras de agua residual que fueron analizadas en los laboratorios del Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales (PIENSA).

1.2 Antecedente

En la región centroamericana incluyendo Nicaragua, los datos y criterios de diseño utilizados para alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento, son extraídos de documentación de otros países como Estados Unidos, Brasil, México e incluso de países europeos, los cuales tienen diferentes niveles socioeconómicos y de desarrollo.

Aún en 2017, siguen vigentes las “Especificaciones Técnicas de Acueductos y Alcantarillado Sanitario”, aprobadas en 1976 por el entonces Departamento Nacional de Acueductos y Alcantarillado (DENACAL), las cuales en el Capítulo III exponen los criterios de diseño de alcantarillados sanitarios, no incluyendo sistemas de tratamiento. Estas especificaciones han sido utilizadas por muchos diseñadores nacionales sin haber sido validadas.

La guía técnica aprobada por INAA (2004) indica que los aportes per cápita de carga orgánica oscilan de valores desde 23 g hab-d hasta más de 60 g hab-d de DBO₅. Los valores per cápita de agua potable no han sido comprobados sistemáticamente en el país, únicamente el INAA clasifica las dotaciones per cápita en rangos que varían desde 10 gln/hab/día para asentamientos progresivos y hasta 150 gln/hab/día para zonas de baja densidad. Los factores de retorno de agua o generación de aguas residuales de 80% del agua consumida y factores máximo horarios tampoco han sido verificados sistemáticamente.

En el año 1994 INAA elaboró una nueva guía que comprenden además de los criterios para el diseño de Alcantarillados Sanitarios, también los utilizados para proyectar la mayoría de los

Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales que se pueden aplicar en el país, pero de igual forma no han sido objeto de validación de observaciones sistemáticas.

Al nivel latino americano existen experiencias donde al evaluar los valores per cápita de carga orgánica resultan diferentes a los recomendados en las guías de diseño. Un estudio realizado en la Concepción Chile, determinó los aportes per cápita de carga orgánica de tres ciudades, los cuales resultaron diferentes y mayores que los valores recomendados en la guía de diseño de dicho país, lo cual ocasionaba que las plantas de tratamiento alcanzaran su capacidad máxima de diseño antes del tiempo previsto (Alarcón & Román, 2003).

1.3 Justificación

La utilización de valores per cápita de carga orgánica y factores de generación de agua residual utilizados en Nicaragua para diseños de sistemas de tratamiento de agua residual doméstica, obedecen a parámetros adoptados de normas de otros países y no a condiciones propias. No se sabe con certeza, si estos valores son apropiados y si los sistemas de tratamiento están siendo dimensionados correctamente.

Mediante la determinación de las concentraciones de carga orgánica y nutriente en aguas residuales domésticas se determinaron los valores de aporte per cápita de materia orgánica y nutriente, así como los caudales de aguas residuales generados por la población en base a su consumo de agua.

Este estudio dará indicadores para seguir investigando esta misma situación en otras urbanizaciones, ya sea de mayor o menor tamaño, de modo que al contar con más historiales estadísticos sobre este particular, puede conllevar a una revisión del criterio establecido en las guías técnicas de diseño de alcantarillado sanitario vigente que determinan las cargas de origen doméstico de agua residual y usan factores de generación de aguas residuales en función del consumo de agua potable.

Contar con valores propios de aporte per cápita de carga orgánica de origen doméstico y generación de aguas residuales acorde a la realidad y de las costumbres alimenticias y calidad de vida de la población de las zonas residenciales típicas, tiene una incidencia económica, social y ambiental.

Los diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales pueden ser más apropiados y obtener una mejor estimación del período de diseño de los mismos. Mediante el uso de valores apropiados de aporte per cápita de carga orgánica y factores de generación de agua residual, se pueden diseñar sistemas de tratamiento más eficientes, tanto en el uso de la energía como el espacio requerido para su emplazamiento (Viessman, Hammer, Pérez & Chadik, 2009).

Según Steel & McGee (1981) estos valores per cápita, que también define como población equivalente, ayudan a determinar el costo del tratamiento. Se puede inferir por lo tanto, que usando factores adecuados podríamos reducir costos en la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua residual y así facilitar el acceso al saneamiento, reduciendo la contaminación y efectos en la salud que provoca el vertido de agua residual cruda a los cuerpos de agua superficial o terrenos que drenan las minas. Según Treaster (2013) el 37% de la población urbana y 67% de la población rural de Nicaragua no cuentan con sistemas de saneamiento. Esto indica que miles de metros cúbicos de agua residual cruda están siendo vertidos diariamente los cuerpos superficiales de agua, siendo esto no solamente un problema ambiental, sino que también de salud pública.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar valores per cápita de carga orgánica, nutrientes y otros factores utilizados en el diseño de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Elaborar hidrogramas de abastecimiento de agua potable y de afluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales en dos urbanizaciones privadas.
- b) Determinar a partir del abastecimiento de agua potable los factores de consumo máximo hora, máximo día, promedio diario y el factor de retorno en la generación de aguas residuales.
- c) Determinar las cargas orgánicas y de nutrientes per cápita expresada como gramos de DBO₅ hab d, gramos de DQO hab d, y la carga de nutrientes expresada como de Nitrógeno y Fósforo total por hab día, que genera la población en las urbanizaciones privadas en estudio.
- d) Comparar los valores obtenidos con los recomendados en las guías nacionales y bibliografía.

2.1. Agua residual doméstica (ARD)

El agua residual doméstica (ARD) se refiere al material líquido colectado de zonas residenciales, instalaciones comerciales e instituciones públicas. Este material líquido, a su vez es colectado y trasladado a plantas de tratamiento de aguas residual. (Viessman, et al., 2009).

Según Steel & McGhee (1981), el agua residual está constituida en 99.9% por agua, el restante 0.01% del agua domestica fresca está constituido por sólidos de gran tamaño de naturaleza reconocible y posee un olor algo aceitoso o a jabón. Las aguas residuales en estado séptico, poseen un olor a sulfhídrico y son de aspecto gris oscuro. Los sólidos suspendidos son de menor tamaño y no siempre son reconocibles. El contenido de materia orgánica juega un papel importante en la descomposición del agua residual, cuando se encuentra a una temperatura de 20 grados Celsius, en un periodo comprendido entre 2 a 6 horas, ésta puede pasar de condición fresca a séptica. (Tchobanoglous, G., Burton, F. & Stensel, H., 2003).

2.2. Composición del agua residual doméstica

El agua residual doméstica (ARD) está compuesta de constituyentes físicos, químicos y biológicos. Torres, Forestri & Vasoller (2000) definen la composición del ARD como una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión o disueltas. La materia orgánica presente en el ARD consiste en residuos alimenticios, excretas, materia vegetal, sales, minerales, jabones y detergentes. El contenido de materia orgánica en el ARD juega un papel muy importante ya que ésta representa el 70% de la cantidad de material sólido; el restante 30% es material inorgánico. (Tebutt, 1998).

Según Tchobanoglous et al. (2003) los compuestos orgánicos presentes en las ARD son proteínas, carbohidratos y lípidos. Las características de los compuestos orgánicos en ARD dependen de los hábitos alimenticios de la población. “Las grasas animales y aceites son el tercer componente de

los alimentos y están siempre presentes en AR provenientes de carnes, uso de aceite vegetal etc.” (Tchobanoglous et al., 2003).

Componente	Unidad	Concentración		
		Fuerte	Media	Diluida
Sólidos totales	mg/l	1.200	720	350
Sólidos disueltos totales	mg/l	850	500	250
Sólidos disueltos fijos	mg/l	525	300	145
Sólidos disueltos volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos suspendidos	mg/l	350	220	100
Sólidos suspendidos fijos	mg/l	75	55	20
Sólidos suspendidos volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos sedimentables	mg/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	mg/l	400	220	110
Carbono orgánico total, COT	mg/l	290	160	80
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno total	mg/l	85	40	20
Nitrógeno orgánico	mg/l	35	15	8
Nitrógeno amoniacal	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo total	mg/l	15	8	4
Fósforo orgánico	mg/l	5	3	1
Fósforo inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros*	mg/l	100	50	30
Sulfatos*	mg/l	50	30	20
Alcalinidad en CaCO ₃	mg/l	200	100	50
Aceites y grasas	mg/l	150	100	50
Coliformes totales	NMP/100ml	10 ⁷ a 10 ⁹	10 ⁷ a 10 ⁸	10 ⁶ a 10 ⁷
Compuestos orgánicos volátiles	μ/l	>400	100 a 400	<100

Figura No. II- 1 Composición típica del agua residual doméstica. Fuente: Mtcalf y Eddy (1991).

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más relevantes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (DQO), y el pH (Tchobanoglous et al., 2003). En la Figura No.II-1 se presenta la composición típica del ARD (Mtcalf y Eddy, 1991).

2.3. Materia Orgánica

Materia orgánica (MO), desde el punto de vista químico es todo compuesto que contiene carbono; Desde el punto de vista biológico, MO es el material viviente o material que alguna vez albergó vida (Hamilton, 2012) y se usa como indicativo de la cantidad de todas las sustancias orgánicas presentes en el agua residual. La MO contenida en las aguas residuales descargadas a cuerpos de

agua superficiales, determina cuanto oxígeno queda disponible para que los peces puedan respirar. Por lo tanto, el contenido de materia orgánica en el agua residual es medido directamente observando la cantidad de oxígeno necesitado por los microorganismos para digerirla. Para cuantificar la masa de la materia orgánica se utilizan las mediciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO), expresados en mg/l o en g/m^3 (Steel & McGee, 1981).

2.4. Demanda Bioquímica de Oxígenos (DBO)

Las bacterias presentes en el agua residual utilizan como sustrato alimenticio materia orgánica con la que están en contacto, oxidando esta materia y produciendo compuestos estables como CO_2 y Agua. Se denomina DBO a la cantidad de oxígeno consumido en este proceso. (Steel & McGee, 1981).

La determinación de la DBO está normalizada y sirve para medir la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización del agua residual durante 5 días a una temperatura de 20 °C., a lo que se conoce como DBO_5 . En las ARD, el valor de la DBO_5 representa, aproximadamente, las dos terceras partes de la demanda ejercida si se oxidara toda la materia (Tchobanoglous et al., 2003).

También, la sección 5210B del Standards Methods, describe una extensión de la DBO_5 , conocida como DBO total o última. Ésta es la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos después de un periodo de incubación de 60 a 90 días en el proceso de estabilización de la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C.

Conocer el comportamiento de la DBO en el Agua residual en las PTAR ayuda a evaluar la eficiencia de remoción de materia orgánica en los diferentes procesos bajo diferentes tipos de tecnología (Oliveira & Sperling, 2011).

2.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Debido a que se necesita un mínimo de 5 días para conocer el valor de la DBO_5 , no es un análisis muy práctico en el control de los sistemas de tratamiento. En su lugar, es posible conocer en un

periodo corto el valor de la DQO. De acuerdo a la sección 5220A del Standards Methods, la demanda química de oxígeno es la cantidad de un específico oxidante que reacciona con una muestra en condiciones controladas (AWWA, 1999). Viessman et al. (2009) afirman: “La demanda Química de Oxígeno (DQO) del agua residual o contaminada es una medida de oxígeno equivalente de la materia orgánica susceptible a la oxidación por oxidación química” (P.311).

La determinación de DQO se realiza añadiendo a la muestra acidificada una cantidad determinada de dicromato potásico y se hierve durante 2 horas. Luego de transcurrido este tiempo, se deja enfriar y se mide la cantidad de dicromato remanente por tirado con sulfato amoniacal ferroso (Fair, Geyer, & Okun, 2011). La cantidad de oxidante consumido es expresado en términos de su oxígeno equivalente. Debido a sus propiedades químicas únicas, el ion dicromato es el oxidante especificado por los Standards Methods para llevar a cabo este ensayo. Los valores de la DQO son generalmente mayores a los de la DBO, debido a que en la determinación de aquella se oxidan algunos componentes como grasas y ligninas que solo se pueden biodegradar muy lentamente (Lin, S.D., 2007).

2.6. Carga orgánica en plantas de tratamiento.

La carga orgánica en las plantas de tratamiento representa la cantidad de materia orgánica presente en el agua que ingresa y sale de la PTAR. La carga orgánica se expresa como peso por unidad de tiempo, medida generalmente en kilogramos de DBO₅ y DQO por día.

2.7. Nutrientes

El Nitrógeno y el Fósforo son los nutrientes más importantes en las aguas residuales (Flores, Perruol, Tarre & Flores, 2005). En Nicaragua, actualmente no existen límites de descarga en el vertido de aguas residuales. No obstante, los vertidos que contienen nitrógeno y fósforo pueden estimular el crecimiento de algas en lagos, ríos y embalses, acelerando el proceso de eutrofización (Flores et al., 2005). Además del crecimiento excesivo de las algas que representa toxicidad para la vida acuática, los nutrientes son también responsables de enfermedades, principalmente en los niños con la generación de los nitratos.

Los lactantes que beben agua con altos niveles de nitratos o comen alimentos hechos con aguas contaminadas con nitratos, pueden desarrollar una enfermedad seria debido a la falta de oxígeno, llamada Metahemoglobinemia o “Síndrome del Bebé Azul”

2.8. Contribución per cápita, relación agua potable-agua residual

Comúnmente los caudales de aguas residuales se estiman en función de los caudales de abastecimiento de agua. La relación agua residual/agua potable se denomina coeficientes de retorno “C” este coeficiente indica la relación entre el volumen de las aguas residuales recibido en la red de alcantarillado y el volumen de agua efectivamente proporcionado a la población. El caudal medio de aguas residuales domésticas se deberá estimar igual al 80% de la dotación de agua (INAA, 2004).

2.9. Dotación de agua potable

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante por día y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público (INAA, 2001).

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad. Por lo tanto, el estudio de estos factores es de mucha importancia para fijar caudales de diseño de las estructuras hidráulicas de los sistemas de tratamiento.

2.10. Factor de retorno de aguas residuales

Este factor resulta de la relación existente entre el agua potable que ingresa a un hogar y las aguas residuales que se producen a partir ellas. De acuerdo a INAA (2004), el factor de retorno de aguas residual utilizado en Nicaragua para estimar aportes de aguas residuales es del 80% del agua potable que se suministra a los hogares. Este valor ha sido adoptado de normativas internacionales

y no existe una investigación que indique un factor de retorno en base a condiciones propias de Nicaragua.

2.11. Hidrograma

Los hidrogramas son gráficos que muestran la variación en el tiempo de alguna información hidrológica tal como: nivel de agua, caudal, carga de sedimentos, entre otros. (Crowe, Elger, & Roberson, 2005) “Por definición, un hidrograma es una gráfica de la variación de descarga (caudal) con respecto al tiempo. También, puede ser la variación de otras propiedades del agua con respecto al tiempo” (NOAA, 2015).

En nuestro estudio, los hidrogramas son utilizados para conocer el comportamiento del caudal que se consume de agua potable y del caudal que entra a la PTAR en función del tiempo.

Los Hidrogramas de AP y AR fueron elaborados a partir de los registros de aforo en el macro medidor y en la entrada de las PTAR, respectivamente. Estos hidrogramas son necesarios para estimar los valores de caudales máximos y mínimos que se puedan presentar en el AP y AR (Steel & McGhee, 1981).

2.12. Factor máximo día

Este factor se aplica para determinar el caudal máximo día que puede ocurrir una vez al año. De acuerdo al INAA (1999), para la ciudad de Managua, éste será igual al 130% de la demanda promedio diaria de agua potable (AP). Para el resto de las localidades del país, este parámetro está entre 130% a 150% de la demanda promedio diaria de agua potable. En nuestro caso, este factor es la relación que existe entre el caudal máximo de máximo día y el caudal medio durante el período de estudio.

2.13. Factor máxima hora

Este factor se aplica para determinar el caudal máximo que podría ocurrir en una hora una vez al año. Para la ciudad de Managua, el INAA (1999), estipula que este factor será de 150% de la demanda de AP del día medio y para el resto de las localidades del país 250% de la demanda de

AP del día medio. En nuestro caso, este factor es la relación en que existe entre el caudal máximo en una hora día de máximo consumo y el caudal medio del período de estudio.

2.14. Muestreo de agua residual

Debido a la variabilidad en la composición de las aguas residuales (AR); se recomienda que la toma de muestras sea representativas. En nuestro caso, las tomas de muestra fueron del tipo compuestas en la entrada de la PTAR, las cuales fueron recolectadas manualmente en intervalos regulares de tiempo y guardadas a bajas temperaturas para limitar al máximo el desarrollo de actividad biológica. Nuestro programa de muestreo se extendió por dos semanas, habiendo contemplado 3 días húmedos y tres días secos. Considerando como día húmedo aquel en que, por lo menos, haya una lluvia de 25 mm (Steel & McGhee, 1981).

2.15. Población equivalente (PE)

La población equivalente corresponde a la contribución al AR de materia orgánica per cápita, expresada como DBO o DQO. Ésta representa el aporte de DBO, DQO y Nutrientes per cápita expresados como gramos/persona por día. En otras palabras la contribución equivalente es la carga orgánica y de nutrientes per cápita; no obstante, también se puede utilizar el término PE a la contribución de Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) per cápita al AR.

De acuerdo a Tchobanoglous et al. (2003) la carga orgánica per cápita en Estados Unidos es de 80 g DBO₅ día. Mientras que en un estudio realizado por Alarcón, E. & Román, R. (2003), se concluye sobre una base real que la carga orgánica per cápita de origen exclusivamente doméstico de tres localidades de Chile es de 40 g DBO₅ día. En Nicaragua los valores establecidos bajo ninguna base real varían entre 23 a 60 g DBO₅ día (INAA, 1999).

La demanda bioquímica de oxígeno, que caracteriza la carga orgánica, es uno de los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de la estabilización de las aguas residuales. (Suematsu, 1997). La carga orgánica per cápita es la contribución diaria de DBO₅ por persona, expresada en gramos/personas por día y es ampliamente utilizada como una técnica para estimar el costo de tratamiento de agua residual (Steel & McGee, 1981).

He aquí la importancia de contar con valores propios de aporte per cápita de carga orgánica de origen doméstico y generación de aguas residuales acorde a la realidad y de las costumbres alimenticias y calidad de vida de la población. Los valores de carga orgánica recomendados por las guías técnicas nicaragüenses, no obedecen a ninguna investigación propia del país, sino que son resultado de información recopilada de textos clásicos y normas técnicas de otros países. Estos valores, son parecidos a los máximos establecidos en Río de Janeiro como resultado de una investigación durante 1963 que corresponden a 59 gramos diarios de DBO_5 por habitante (Lothar, 1980).

2.16. Aporte de agua residual

Otro dato importante y que influye en el dimensionamiento de una obra de tratamiento de agua residual es el caudal a tratar. El caudal o aporte de agua residual se estima considerando un factor de generación o retorno a los sistemas de recolección. En Nicaragua de acuerdo a la guía técnica del INAA, se asume que el 80% del agua potable distribuida vuelve a la red de alcantarillado en forma de agua residual. De este modo, es evidente que el per cápita de agua residual, mantiene una relación con el per cápita de agua potable. Por lo tanto, el nivel social, económico y cultural, también intervienen en la generación de agua residual y deben ser investigados según las condiciones propias de cada país. El factor de retorno de agua residual, no ha sido corroborado en Nicaragua y el valor recomendado en la guía técnica de INAA también procede de normas de otros países.

3.1. Descripción del área de estudio

El estudio fue realizado en el Condominio Palmetto y la Urbanización San Miguel. La descripción de los dos sitios se detalla a continuación:

a) Condominio Palmetto

El Condominio Palmetto está localizada en el municipio de Nindirí; ver Imagen No. III – 1, a nivel político y administrativo pertenece al departamento de Masaya; Este municipio está localizado a 15 km al sureste de la ciudad de Managua. El condominio está ubicado en el km 15.5 carretera Masaya, en las coordenadas UTM 587600 E y 1332011 N, con una población estimada de 623 habitantes, según datos de la encuesta realizada, ver Anexo No.4.

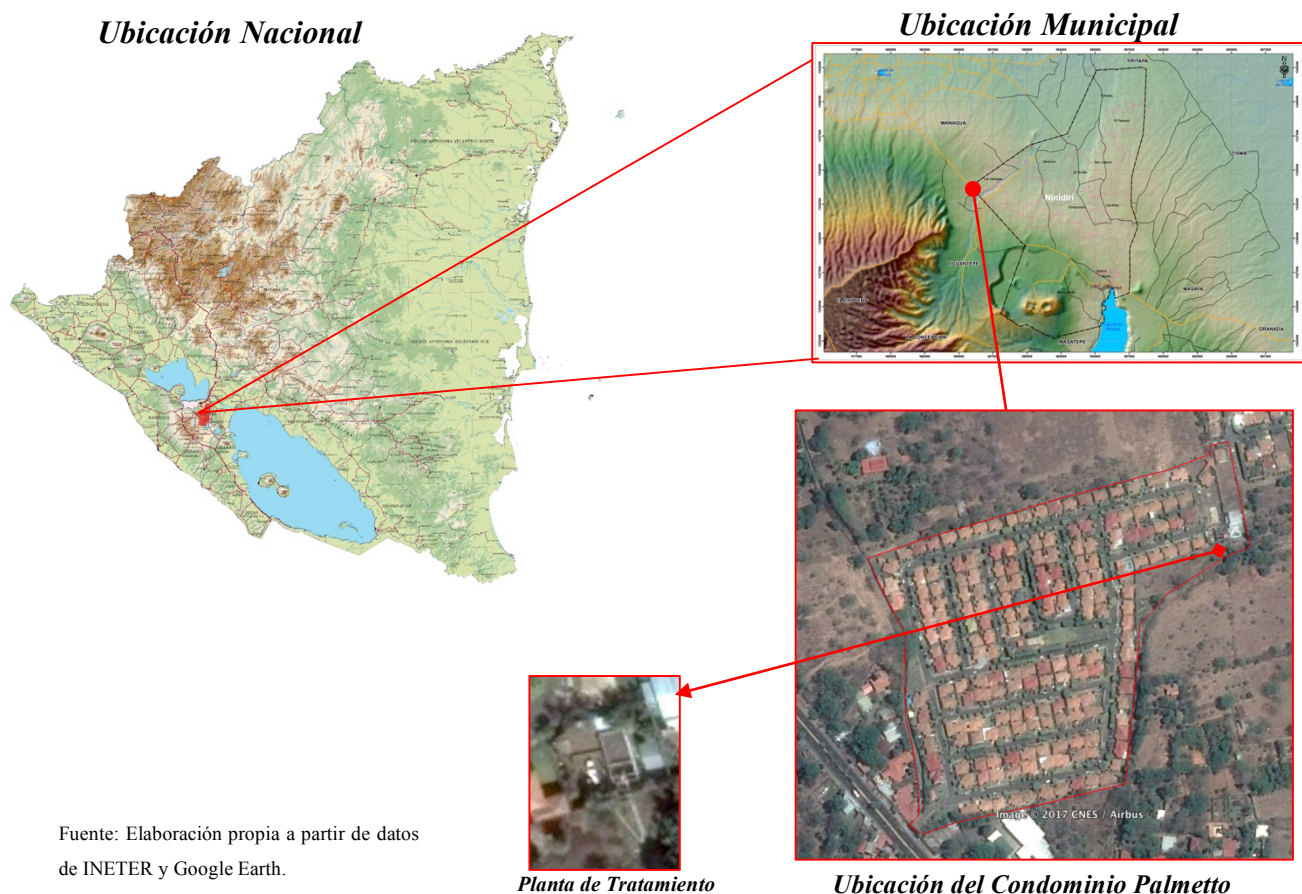
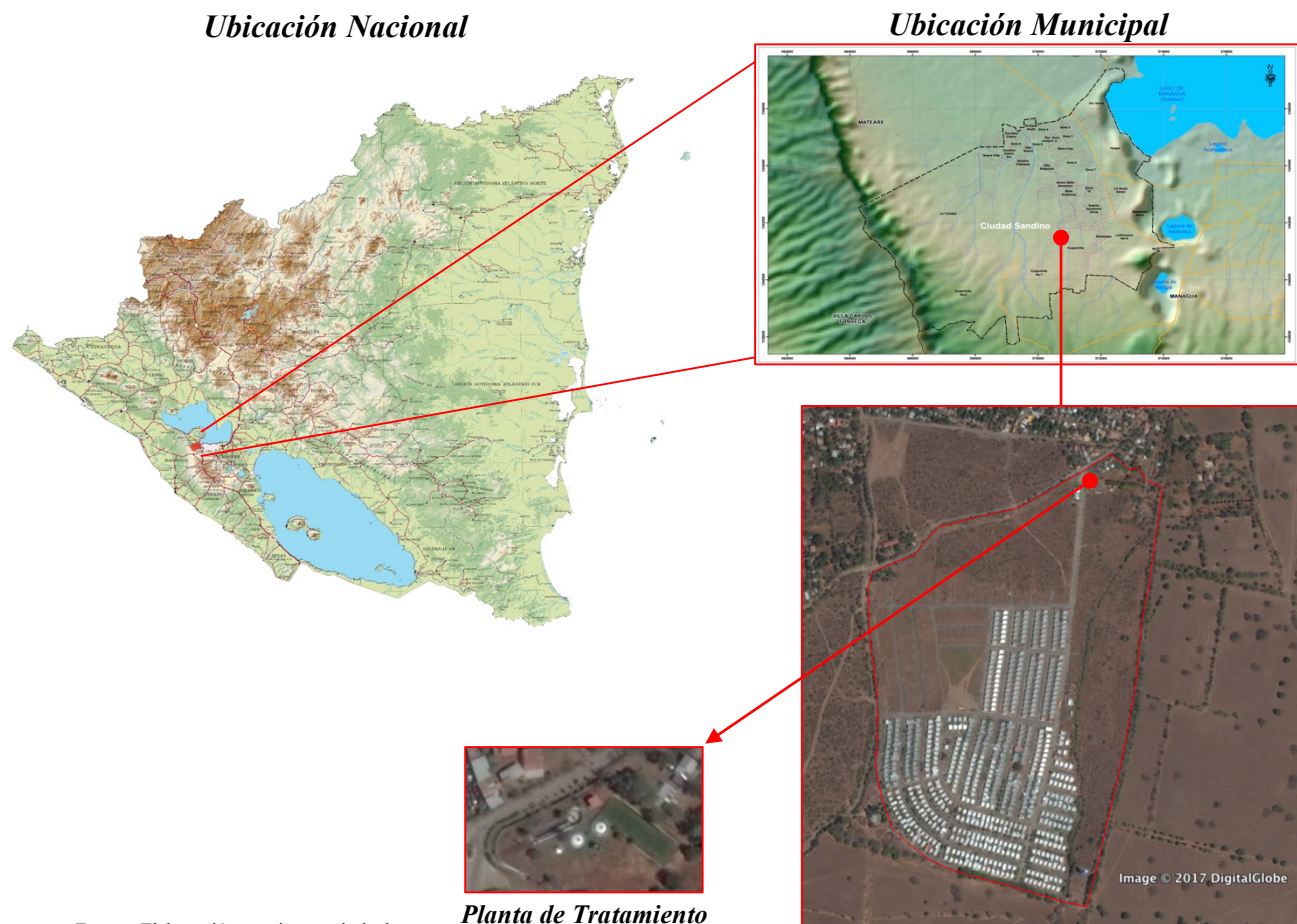


Imagen No. III- 1 Macro y micro localización del Condominio Palmetto

De acuerdo a la NTON 09-003-99, hemos clasificado este condominio como una zona de media densidad, por tratarse de viviendas de buen nivel de vida con áreas de lotes que varían entre los 500 m² - 700 m² y todas las casas están conectadas a la red de agua potable.

b) Urbanización San Miguel

La urbanización San Miguel está localizada en el municipio de Ciudad Sandino, ver Imagen No. II-2, a nivel político y administrativo pertenecen al departamento de Managua. Este municipio está localizado a 12 km al oeste de la ciudad de Managua. La urbanización se encuentra ubicada del km 10 de la carretera nueva a León 3.3 km al oeste, en las coordenadas UTM 568444 E y 1343335 N, con una población estimada de 1,200 habitantes, según datos de la encuesta realizada, ver Anexo No.4.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INETER y, Google Earth.

Imagen No. III- 2 Macro y micro localización de la Urbanización San Miguel

De acuerdo a la NTON 09-003-99, hemos clasificado esta urbanización como una zona de alta densidad, donde se encuentran construcciones heterogéneas con lotes homogéneos que varían entre los 150 m² - 250 m² y todas las casas están conectadas a la red de agua potable.

3.1.2. Nivel económico de las áreas de estudio

a) Condominio Palmetto

El Condominio Palmetto fue desarrollado para un sector económico medio alto y alto, está emplazado en una zona de alta plusvalía de la carretera Managua –Masaya, el sector social que habitan este condominio tiene un nivel alto adquisitivo, siendo las cuotas mensuales por viviendas superiores a los U\$ 500 y el costo de las viviendas superan los U\$ 100,000. Este condominio se caracteriza por tener una junta directiva que rige bajo un reglamento de convivencia y habitación las diferentes normas y deberes a cumplir por sus habitantes.

b) Urbanización San Miguel

La urbanización San Miguel es un proyecto de interés social que fue desarrollado para beneficiar a un sector económico de clase media trabajadora. Entre la mayoría de familias que forman parte de esta urbanización, se encuentran especialistas y técnicos de entidades del gobierno (INSS, MINED, DGA, DGI, EN y PN), además de personas del sector privado; cuyos ingresos mínimos son de U\$ 500 mensuales. De acuerdo al urbanizador, este monto mínimo es uno de los requisitos para acceder al financiamiento de las viviendas, el costo promedio de las viviendas de acuerdo al urbanizador es de U\$ 20,000 con cuotas mensuales promedio por viviendas de U\$ 150.

3.2. Sistemas de tratamientos

3.2.1. Sistema de tratamiento de Condominio Palmetto

El sistema de tratamiento de aguas residuales del Condominio Palmetto es un sistema compacto con tecnología de Lodos Activados con capacidad a tratar de 200 m³/día, ver Imagen No. III-3. El tren de tratamiento de esta planta está constituido por las siguientes unidades depuradoras que se describen a continuación:

a) Pre tratamiento

Rejillas

Las rejillas están ubicadas en el canal de ingreso de la planta tratamiento, la función principal es retener materiales gruesos, superiores a una pulgada de diámetro que vienen en el afluente, los cuales son removidos diariamente por el operador de la planta. Debido a que no se cuenta con un sistema de rejillas mecanizado, el operario hace una inspección de limpieza cada hora y remueve el material atrapado entre las rejillas, depositándolo en un área destinada a almacenar residuos que posteriormente son recolectados por el tren de aseo de la alcaldía de Nindirí.

Trampa de grasas

Una vez los materiales sólidos de mayor diámetro son retenidos en las rejillas, el agua residual continúa su trayecto pasando por una de trampa de grasas que comprende tres cámaras. La cámara de entrada, la cámara de salida y una estructura de separación en medio de estas dos, creando una tercera cámara intermedia en la que la grasa y aceites quedan retenidos. En esta urbanización no existe un manejo oficial de la grasa retenida; sin embargo, el operador por experiencia en otros sistemas de tratamiento, agrega bacterias biológicas. Pudimos observar que las bacterias ayudan a eliminar los aceites y grasas retenidas.

b) Tratamiento secundario

Tanque de Aireación

El tanque de aireación recibe las aguas residuales crudas directamente del cárcamo de bombeo que está equipado con dos bombas sumergibles con cortador integrado para triturar sólidos que logran pasar las rejillas. El sistema de bombeo es por relevo y trabaja las 24 horas del día, activándose mediante un sensor de nivel.

El AR cruda es mezclada con el lodo activado retornado del tanque sedimentador final y es sometida a un sistema de aireación extendida, compuesta por blower (aireadores) que envían aire al tanque a una presión de 6.5 P.S.I y de forma continua hasta obtener 2 mg/l de oxígeno disuelto o más. En este proceso, una parte de materia orgánica contenida el AR es mineralizada y gasificada y la otra parte es asimilada como nuevas bacterias. Diariamente se verifica que el burbujeo en la

superficie del tanque sea fino y uniforme. Las principales actividades de mantenimiento se enfocan en monitoreo del funcionamiento de los blower, verificando si no hay recalentamiento, ruidos extraños, vibraciones anormales, arrastre de valineras además se revisa la presión, el aceite, el voltaje y cada 1000 horas de uso, se ejecuta un mantenimiento preventivo.

Clarificador o sedimentador

En esta etapa ocurre la separación sólido-líquido con la finalidad de obtener un efluente clarificado con un mínimo de sólidos suspendidos y asegurar el retorno del lodo. Esto se logra en un tanque de sedimentación donde se concentran los lodos por gravedad. Una parte de estos lodos acumulados se recirculan al tanque de aireación con el objetivo de mantener la concentración de lodos activados. El exceso de lodos es eliminado del sistema, enviándolo a un sistema de deshidratación de lodos del tipo filtros prensa para posteriormente disponer el lodo seco como residuo sólido o abono. La deshidratación de lodos se realiza dos veces por semana, produciendo una cantidad de 70 libras de lodos deshidratados, los cuales son dispuestos y utilizados como abono orgánico en las áreas verdes del condominio.

c) Tratamiento terciario

Desinfección con cloro

El agua clarificada llega mediante una canaleta del sedimentador al área de desinfección y es circulada por un laberinto de cloración para aumentar el tiempo de contacto con el hipoclorito de sodio, el cual es adicionado en una dosis de 70 gotas por minuto. Posteriormente el agua es conducida mediante un canal a dos pozos de infiltración donde es infiltrada al subsuelo.

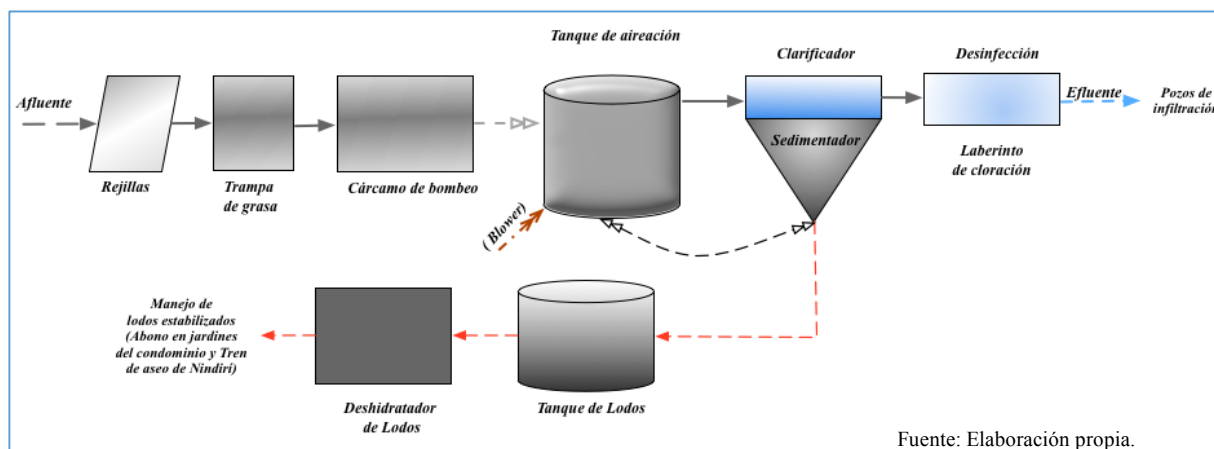


Imagen No. III- 3 Diagrama de las unidades de tratamiento de la PTAR Condominio Palmetto

3.2.2. Sistema de tratamiento de Urbanización San Miguel

El sistema de tratamiento de aguas residuales está compuesto por es un sistema en arreglo de Biofiltros y Biodigestores Anaeróbicos, según el urbanizador con una capacidad a tratar de 410 m³/día ver Imagen No. III-4, está constituido por las siguientes unidades de tratamiento que se describen a continuación:

a) Pre tratamiento

Rejillas y desarenador

Las rejillas y desarenador están ubicadas en la primera unidad de la planta en forma secuencial, la función principal es retener, para luego remover materiales gruesos que viene en el afluente. Los operadores hacen inspección de forma regular para remover el material grueso atrapado entre las rejillas y acumulaciones o nata de grasa. Posteriormente, el material recolectado se deposita en un área destinada a almacenar residuos.

Canal Parshall

La planta está equipada con un canal tipo Parshall que funciona como una unidad de medición y control del flujo del afluente a la PTAR, con un ancho de garganta (W) de 6" que permite un caudal máximo de 110 l/s

Cárcamo de bombeo

La PTAR también cuenta con un cárcamo de bombeo, desde el cual se impulsa el agua a una cámara de distribución. El cárcamo de bombeo está equipado con bombas sumergibles para sólidos, que poseen un cortador integrado para triturar sólidos que logran pasar las rejillas. El sistema trabaja las 24 horas del día y también cuenta con un sistema de relevo y sensor de nivel que activa los equipos de bombeo cuando el agua residual alcanza un nivel preestablecido en el cárcamo de bombeo. Como medida de mantenimiento preventivo se hace una limpieza de las bombas periódicamente y se remueve material incrustado y de mayor grosor que podría obstruirlas y dañarlas.

Cámara de distribución

Esta cámara se encuentra ubicada a 1.5 metros sobre la superficie del suelo y consiste en una caja cuadrada de concreto donde es recibida el agua residual bombeada desde el cárcamo de bombeo. La función de esta cámara es distribuir por gravedad de manera continua el agua cruda a los biodigestores anaeróbicos situados al este y oeste de la misma.

b) Tratamiento primario

Biodigestores anaeróbicos

El agua procedente de la cámara de distribución llega a dos tanques biodigestores anaeróbicos, donde es sometida a un procesos de digestión anaeróbica, estos tanques tiene un diámetro de 6 metros.

Cámara colectora de gas y antorcha de quemado de metano

La cámara colectora de metano es de forma circular con 3 metros de diámetro. Está constituida por un tanque metálico semi-sumergido en una pila circular de agua. A medida que el biogás liberado de los biodigestores anaeróbicos se va almacenando en el tanque, su peso aumenta y por principio de Arquímedes se puede conocer el volumen de gas metano almacenado en dicho tanque. Cuando el contenido de gas llega a cierto volumen, el operador de la PTAR abre una válvula que conduce el gas a una antorcha de quemado y es transformado en $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

c) Tratamiento secundario

Biofiltro

El biofiltro está formado por una cámara rectangular de 10 x 40m que contiene un lecho filtrante compuesto por diferentes estratos de hormigón rojo y **Jacinto de Agua** (*Eichhornia crassipes*), que sirve como material vegetal de retención. El agua tratada de los biodigestores llega al biofiltro, en donde se continúa con la remoción de carga orgánica y nutriente. El agua es circulada por toda el área de biofiltro y es a través del abundante sistema radicular de esta especie que se da una mayor retención y reducción de la carga orgánica, el principal mantenimiento del biofiltro es el control de la altura del material vegetal, se hacen recortes de material vegetal y anualmente se hace una limpieza completa del biofiltro; Los residuos obtenidos son llevados al relleno sanitario de Ciudad Sandino para su debido tratamiento.

Canal y laberinto de agua tratada

El agua que sale del biofiltro tiene un color claro y transparente; ésta es conducida por un canal de aproximadamente 60 cm de ancho y 40 m de largo, luego este canal contiene una cámara pequeña donde se concentra la espuma y termina en una sección con un laberinto donde pasa el agua tratada y posteriormente al efluente el cual es un cauce natural.

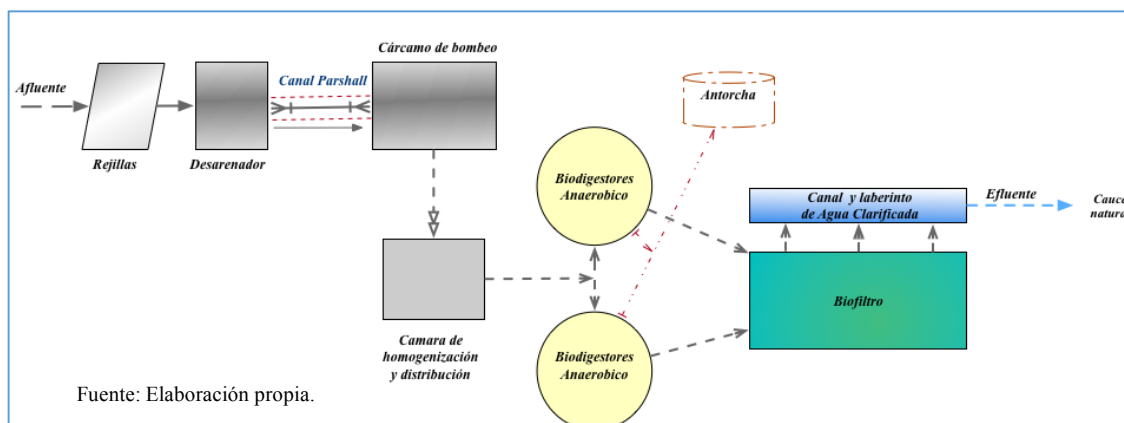


Imagen No. III- 4 Diagrama de las unidades de tratamiento de la PTAR Urbanización San Miguel

3.3. Tipo de estudio

Para valorar la ocurrencia de eventos a medir en el presente estudio, adoptamos un modelo de investigación del tipo no experimental longitudinal de tendencia. Este tipo de estudio se caracteriza por analizar cambios a través del tiempo en sus variables o sus relaciones, dentro de la población de estudio; de la cual se puede medir toda la población o tomar una muestra representativa al momento de medición de los datos. Además, permite inferir sobre las causas y consecuencias de datos recolectados a través del tiempo.

3.4. Criterios adoptados para la selección de la urbanización

A continuación se presentan los criterios para determinar la urbanización a estudiar.

a) Clasificación por estratificación por ingresos y gastos

En este sentido, se hizo uso de la clasificación dada por el Banco Central, para el cual las variables más importantes en la investigación son los ingresos y los gastos de los hogares, para garantizar todos los posibles valores estén representados en la muestra, (por ejemplo, ingresos mensuales por hogar de C\$ 5000, C\$ 10,000, C\$ 100,000, etc.), se procedió a clasificar a la población en tres estratos: Bajo, Medio y Alto. Así seleccionar la muestra de cada estrato.

- b) Que la urbanización cuente con un acople a tubería de la red de ENACAL o fuente de abastecimiento propia (pozo),
- c) Que la urbanización tenga un sistema de tratamiento de aguas residuales privado,
- d) Que la urbanización cuente con un medidor maestro o dispositivo que permita registrar el consumo de agua potable,
- e) Que la PTAR en la urbanización disponga de dispositivo para medir y registrar el caudal de aguas residuales que ingresa,
- f) Que en la infraestructura de tratamiento existan las condiciones para la toma de muestra y caracterización de las ARD.

3.5. Materiales y métodos

3.5.1. Procedimientos del estudio

El procedimiento base de este estudio se resume en el diagrama de procesos ver Imagen No.III-5, donde se especifica las principales etapas y procedimientos a seguir, se presentan las diferentes etapas cronológicas y secuenciales para alcanzar los objetivos propuestos.

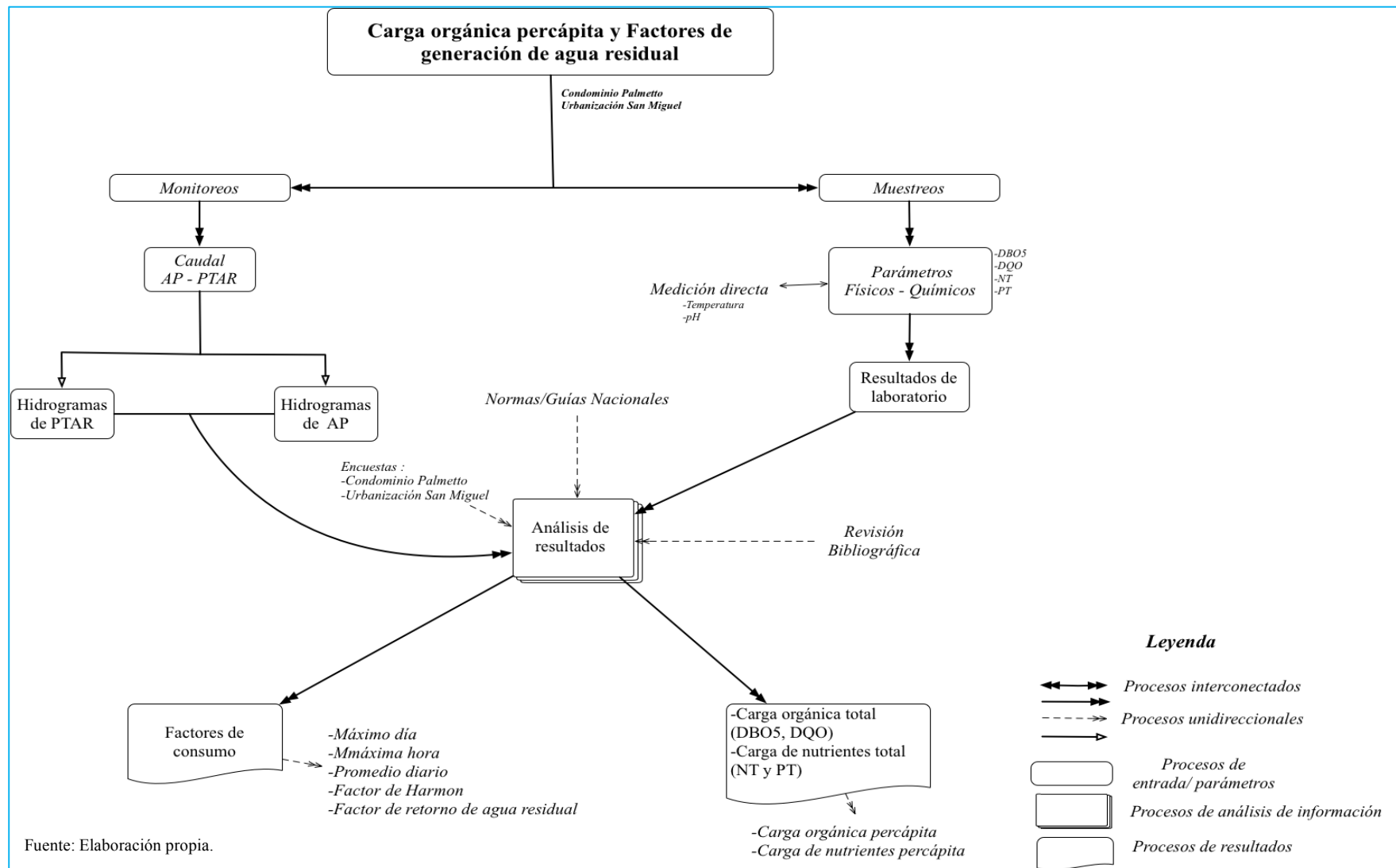


Imagen No. III- 5 Diagrama de etapas y procesos metodológicos para la realización del presente estudio

3.5.2. Universo del estudio

3.5.2.1. Diseño muestral

a) Población objeto

Para determinar los niveles socioeconómicos y hábitos alimenticios de la población de estudio, se procedió a realizar una encuesta para relacionar los valores medidos de carga orgánica y nutrientes con las características socioeconómicas de los 300 hogares constituidos en la Urbanización San Miguel y 187 hogares del Condominio Palmetto, los cuales representan la población objeto del estudio para cada lugar, ver formato de encuesta Anexo No.4.

b) Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se calculó en función de las siguientes restricciones:

- El margen de error máximo permitido es menor al 5% y la probabilidad de no superarlo es mayor o igual a 0.95 o equivalente a 95% de confianza.
- La varianza en las variables investigadas.

c) Recolección de la información

La recolección de la información estuvo a cargo de estudiantes de pregrado. Cuyos integrantes usaron nuestros datos en la realización de su tesis para optar al título de ingeniero civil. Estos estudiantes fueron capacitados y estuvieron bajo nuestra supervisión.

d) Métodos de recolección de la información

Se empleó el método de anotación directa para la recolección de la información.

3.5.2.2. Variables del estudio

Las variables utilizadas en el estudio se basaron en cada uno de los objetivos específicos y se enumeró en la Tabla No.III-1 según el orden que han sido definidas, además se especifica los indicadores, las técnicas e instrumentos para medir las variables indicadas.

Lista de variable	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
<i>Caudal y tiempo AP</i>	Hidrogramas	-Medición directa	Hidrogramas de agua potable
<i>Caudal y tiempo ARD</i>		-Metodología para elaboración del hidrograma	Hidrograma agua residual
<i>Factores de consumo de agua potable</i>	Consumo máxima hora, máxima día y promedio diario.	Calculo de los factores a partir de los hidrogramas	Hidrograma para agua potable
<i>Factores de generación de agua residual</i>	Factor de generación de residual doméstica	Calculo de los factores a partir de los hidrogramas	Hidrograma agua residual
<i>Carga Orgánica per cápita</i>	DBO ₅ DQO	Estándar método utilizado para la determinación en laboratorio de la DBO ₅ y DQO	Carga orgánica total y orgánica per cápita DBO ₅ y DQO en g hab-d.
<i>Carga de Nutrientes per cápita</i>	Nitrógeno Fosforo	Estándar método utilizado para la determinación en laboratorio de la DBO ₅ y DQO	Carga total de nutrientes y per cápita en gr hab d.
<i>Contrastar los valores obtenidos</i>	Valores observados versus valores de bibliografía	Valores observados versus valores de bibliografía de referencia	Comparación de Valores observados versus valores de bibliografía

Tabla No.III- 1 Lista de variables consideradas para esta investigación.

3.5.2.3. Consumo per cápita de agua potable

El consumo de agua per cápita se determinó de acuerdo a la Ecuación No.1 que relaciona el dato de caudal promedio diario obtenido del hidrograma y la cantidad total de habitantes de la urbanización San Miguel y Condominio Palmetto.

$$CP = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_n}{P} \quad (\text{Ecuación No.1})$$

Dónde: CP: Consumo per cápita (lppd)

Q_n: Caudal del día n (lpd)

P: Población en estudio (hab)

3.5.2.3.1. Construcción de los hidrograma

Para la construcción de los hidrograma se seguirá la siguiente metodología:

a) Hidrograma de agua potable

Se llevó un registro diario de los consumos de agua potable por un período de un mes, haciendo lectura directa en los dispositivos de medición de caudales (medidor maestro) existentes en las urbanizaciones, esta medición se realizó en intervalos de una hora durante las 24 horas del día, ver Imagen No.III-6. Estos datos se graficaron para correlacionar las variables caudal vs tiempo, para elaborar los hidrogramas de consumo diario y horario.

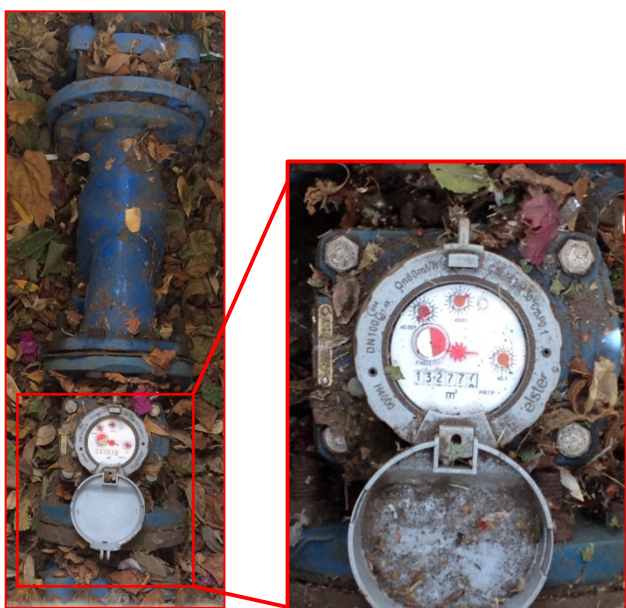


Imagen No. III- 6 Macromedidor de agua potable del Condominio Palmetto

b) Hidrograma de aguas residuales

De manera simultánea, se realizó un aforo en el efluente en la PTAR, monitoreando de forma continua durante 24 horas, por un período de un mes con el fin de correlacionar las variables caudal versus tiempo, y elaborar los hidrogramas de generación de agua residuales.

3.5.2.3.2. Cantidad de muestreos a realizar

Para determinar la cantidad de muestras requeridas por cada parámetro, ver Tabla No.III-2, se utilizó la distribución normal para calcular estadísticamente el número de muestras representativas.

Asumiendo un intervalo de confianza del 95% ($Z= 1.96$) y un error aceptable de ± 5 g DBO₅/día, arriba o debajo de los valores promedios, además considerando el principio de que toda variable aleatoria normalmente distribuida generalmente caerá dentro de 3 desviaciones estándar por encima y por debajo de la media (Mendoza, 2002).

Parámetros	Valor	gr DBO ₅ /día			σ	n	gr DBO ₅ /día			σ	n
		$\mu - n\sigma$	μ	$\mu + n\sigma$			$\mu - n\sigma$	μ	$\mu + n\sigma$		
z 95%	1.96	20	50	80	10	15.4	30	60	90	10	15.4
d	5	30	50	70	6.7	6	40	60	80	6.7	6
		40	50	60	3.3	1.7	50	60	70	3.3	1.7

Tabla No.III- 2 Número representativo de muestras por parámetros

Dónde: $\mu - n\sigma$: valor mínimo de carga orgánica en g DBO₅/día.

μ : valor promedio de carga orgánica en g DBO₅/día.

$\mu + n\sigma$: valor máximo de carga orgánica en g DBO₅/día.

σ : desviación estándar esperada.

d: error aceptable de carga orgánica en g DBO₅/día.

n: número de muestras requeridas.

z: valor de la distribución normal al 95% de confianza.

Del análisis estadístico, se obtuvo un número máximo de muestras representativas de seis muestreos por cada parámetro.

3.5.2.3.3. Tipo de muestreos a realizar

El tipo de muestreo realizado en las PTAR fue un muestreo compuesto, que resultó de la mezcla de varias muestras instantáneas recolectadas en el afluente de las plantas en intervalos definidos por los picos altos y bajos de los hidrogramas de la primera semana de las PTAR , según lo establecido en la guía técnica para diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de aguas residuales de INAA, el muestreo fue realizado en la segunda semana de monitoreo correspondiente a cada uno de las PTAR del área de estudio.

3.5.3. Carga contaminante

3.5.3.1 Ensayos de laboratorio

Para conocer las concentraciones de compuestos orgánicos (DBO₅ y DQO) y de nutrientes (NT y PT), se realizaron ensayos de laboratorio siguiendo la metodología de Standard Methods (2005), ver Tabla No.III-3.

Ensayo realizado (Parámetro)	Método (SM)
Demanda química de oxígeno (DQO)	5520-C
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	5210-B
Potencial de hidrógeno (pH)	4500-H
Nitrógeno (NT)	4500-N
Fósforo (PT)	4500-P

Tabla No.III- 3. Ensayos de laboratorio y sus Standard Methods.

3.5.3.2 Carga orgánica

Para calcular la carga orgánica total en función de DBO₅ y DQO, se utilizó la Ecuación No.2.

$$COT = \text{Concentración}_{prom.} * Q_{prom.} * 0.0864 \quad (\text{Ecuación No.2})$$

Dónde: Concentración_{prom.} : Concentración promedio de DBO₅ y DQO, en mg/l.

Q_{prom.} : Caudal promedio en l/s.

0.0864: factor de conversión $(1 \frac{mg}{l} * 1 \frac{l}{s} * \frac{86400s}{1 día} * 1 \frac{kg}{10^6 mg} = 0.0864 \frac{kg}{día})$.

3.5.3.3 Carga de nutrientes

Para calcular la carga de nutrientes en función de NT y PT, se utilizó la Ecuación No.3:

$$CNT = \text{Concentración}_{prom} * Q_{prom.} * 0.0864 \quad (\text{Ecuación No.3})$$

Dónde: Concentración_{prom.} : Concentración promedio de NT y PT, en mg/l.

Q_{prom.} : Caudal promedio expresado en l/s.

0.0864: factor de conversión $(1 \frac{mg}{l} * 1 \frac{l}{s} * \frac{86400s}{1 día} * 1 \frac{kg}{10^6 mg} = 0.0864 \frac{kg}{día})$.

3.5.3.3 Carga orgánica per cápita

La carga orgánica per cápita, se calcula mediante la Ecuación No.4:

$$COP = COT * \frac{1000}{\text{Población}} \quad (\text{Ecuación No.4})$$

Dónde: COT: En función de los valores de carga orgánica total (DBO₅ y DQO).

1000: factor de conversión de kg/d día a g/ día para el cálculo de la COP.

Población: número total de habitantes del residencial.

3.5.3.4 Carga de nutrientes per cápita

La carga de nutrientes per cápita, se calcula mediante la Ecuación: No.5.

$$CNP = CNT * \frac{1000}{Población} \quad (Ecuación No.5)$$

Dónde:

CNT: En función de los valores de nitrógeno y fosforo total.

1000: factor de conversión de kg/d día a g/ día para el cálculo de la COP.

Población: número total de habitantes del residencial.

3.5.3.5. Factores de consumo

3.5.3.5.1. Factor máximo día

El factor de máximo día se calculó haciendo uso del hidrograma de variación de caudal diario correspondiente a los 30 días de muestreo continuo, obteniendo el caudal promedio diario en l/s, ver Imagen No.III-7. Posteriormente se identifica en el hidrograma el día de mayor caudal registrado y se procede a calcular el factor de máximo día mediante la Ecuación No.6.

$$K1 = \frac{Qmd}{Qm} \quad (Ecuación No.6)$$

Dónde:

K1 = Factor de máximo día

Qmd= Caudal máximo día en l/s.

Qm= Caudal promedio en l/s.

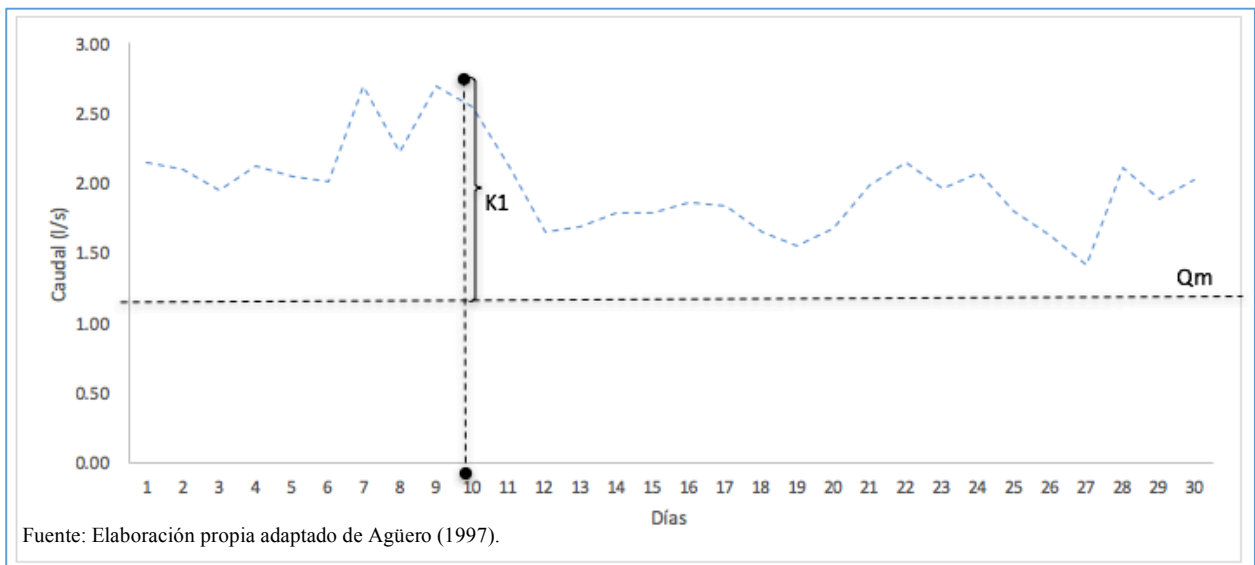


Imagen No. III- 7 Hidrograma de variación de caudal promedio diario.

3.5.3.5.2. Factor máxima hora

El factor de máxima hora se calculó haciendo uso del hidrograma de variación de caudal promedio horario del día de máximo consumo, obteniendo el caudal promedio horario en l/s, ver Imagen No.III-8. Posteriormente se identifica en el hidrograma la hora de mayor consumo registrado y se procede a calcular el factor de máxima hora mediante la Ecuación No.7.

$$K2 = \frac{Q_{mh}}{Q_m} \quad (\text{Ecuación No.7})$$

Dónde:

K2 = Factor de Máxima Hora

Qmh= Caudal máxima hora en l/s.

Qm= Caudal promedio horario en l/s.

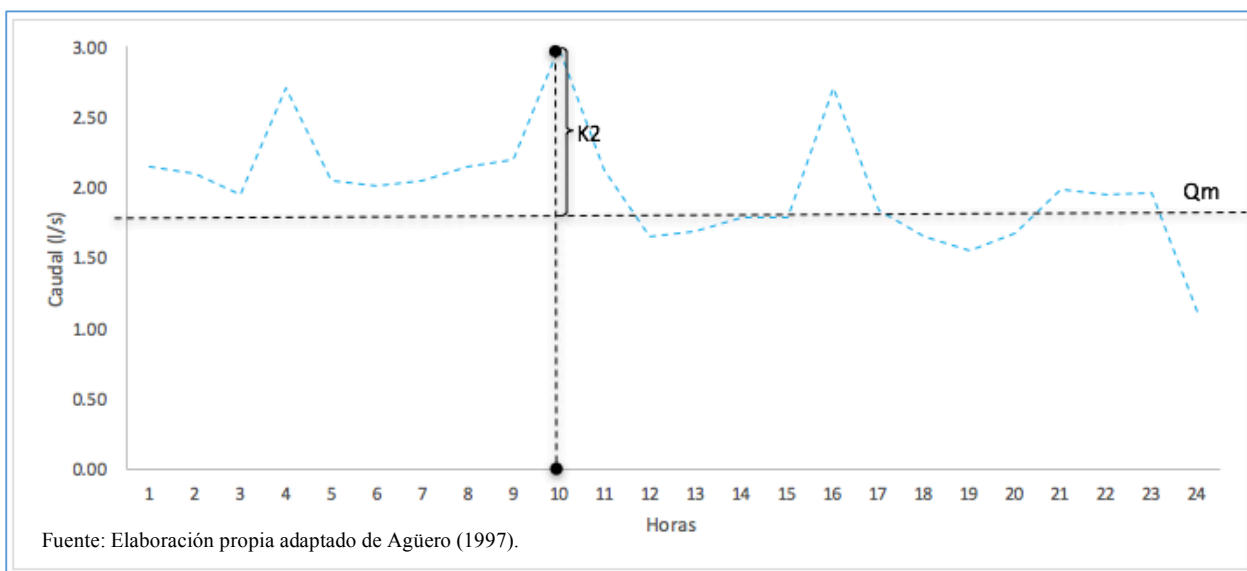


Imagen No. III- 8 Hidrograma de variación de caudal horario.

3.5.3.5.3. *Factor de Harmon*

Para el presente estudio se calculó el factor de Harmon teórico (KT) y el factor de Harmon calculado (KC), para hacer una comparación entre lo calculado teórico versus el calculado basado en hidrogramas reales de consumo de agua potable.

a) *Factor de Harmon calculado:*

Se calculó a partir del uso de los hidrogramas de variación de caudales horarios de agua residual, mediante la relación entre caudal máximo horario y el caudal medio diario.

$$KC = \frac{Q_{max-AR}}{Q_{prom.}} \quad (Ecuación No.8)$$

Dónde:

KC = Factor de Harmon calculado

Qmax -AR = Caudal máximo horario de AR en l/s.

Qprom. = Caudal promedio diario en l/s

b) Factor de Harmon teórico:

Se calcula haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$KT = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Ecuación No.9})$$

Dónde:

KT = Factor de Harmon Teórico

P = Poblaciones en miles

Este valor depende de condiciones que inciden en las variaciones de los caudales como el clima, población, patrones de vida, hábitos, etc. Además es afectado en menor intensidad en función al porcentaje de agua suministrada que regresa a las alcantarillas y al efecto regulador de flujo en las redes de alcantarillados tendiendo a disminuir los caudales máximos y aumentar los mínimos.

3.5.3.5.4. Factor de retorno de aguas residual

El factor de retorno de agua residual resulta de la relación entre el consumo de agua potable y la generación de agua residual en los residenciales privados en estudio. Para calcular este factor se utilizaron los valores de caudal promedio de agua potable y caudal promedio de agua residual y se aplica la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q_{ARD}}{Q_{AP}} * 100 \quad (\text{Ecuación No.10})$$

Dónde:

C = Factor de retorno de agua residual en %

Q_{ARD} = Caudal promedio de agua residual doméstica en l/s.

Q_{AP} = Caudal promedio de agua potable en l/s.

3.5.4. Procesamiento estadístico de los datos

El procesamiento estadístico, se divide en dos procesos; el primero implica un procesamiento inicial de depuración de datos atípicos y el segundo implica un análisis estadístico descriptivo.

a) Análisis de datos atípicos

Los datos de aforo registrados durante los 30 días de monitoreo tanto para el agua potable como para agua residual fueron sometidos a un procesamiento estadístico para identificar datos atípicos.

a) Identificación de datos atípicos

En la identificación de la metodología de procesamiento, se estableció como umbral específico de valores atípicos aquellos casos cuyo valor supere las dos desviaciones estándar de los datos de la muestra.

Por lo que según Garro (2014), establece que el 95.45 % de los datos se encuentran concentrado a dos desviaciones estándar de la media ($\pm 2\sigma$), con datos que tienen una distribución normal, razón por la cual en el procesamiento de datos estadísticos de la investigación se consideró este valor como el valor mínimo y de esta manera mantener los intervalos de confianza del 95% y como error mínimo el 5% respectivamente, ver Imagen No. III-9.

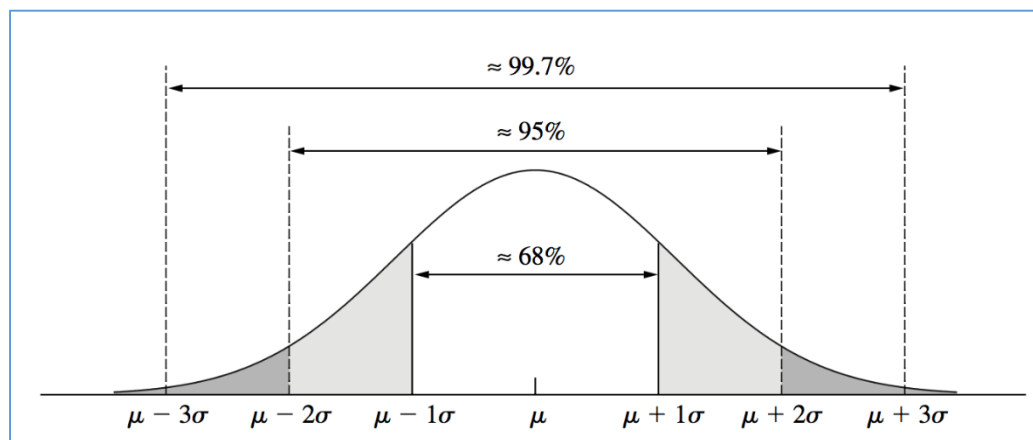


Imagen No. III- 9 Campana de Gauss para la distribución normal y porcentaje de datos por cada desviación estándar Fuente: Navidi, W. (2006).

Los resultados del análisis del procesamiento estadístico de los datos, se presentan en Anexo No. 6 y 7.

3.5.5. Justificación de la metodología

La metodología empleada en el presente estudio contiene datos y resultados basados únicamente en el período de estudio, el cual corresponde a 30 días de monitores en dos diferentes residenciales.

El tiempo de monitoreo, fue determinado a partir de los recursos económicos que se contaban para realizar la tesis que fue autofinanciado en un 100 % por los autores de la misma para lograr el alcance de los objetivos planteados.

En esta investigación no se pretende evaluar condiciones de funcionamiento y eficiencia de los sistemas de tratamiento de agua residual y de abastecimiento de agua potable monitoreado, por tal razón, para cumplir con nuestros objetivos propuestos; los muestreos para determinar carga orgánica y de nutrientes per cápita, se realizaron en el agua cruda del afluente de las PTAR.

4.1. Hidrogramas

4.1.1. Hidrograma de agua potable

4.1.1.1. Condominio Palmetto

a) *Hidrograma de variación de caudal horario*

El hidrograma de agua potable ver Gráfica No.IV-1 que corresponde al período del 17 de mayo al 15 de junio de 2016, muestra el comportamiento horario del caudal de agua potable para el período de monitoreo establecido, obteniendo un caudal máximo de 8.33 l/s que ocurre entre las 7 y 8 de la mañana y un caudal promedio de 1.98 l/s.

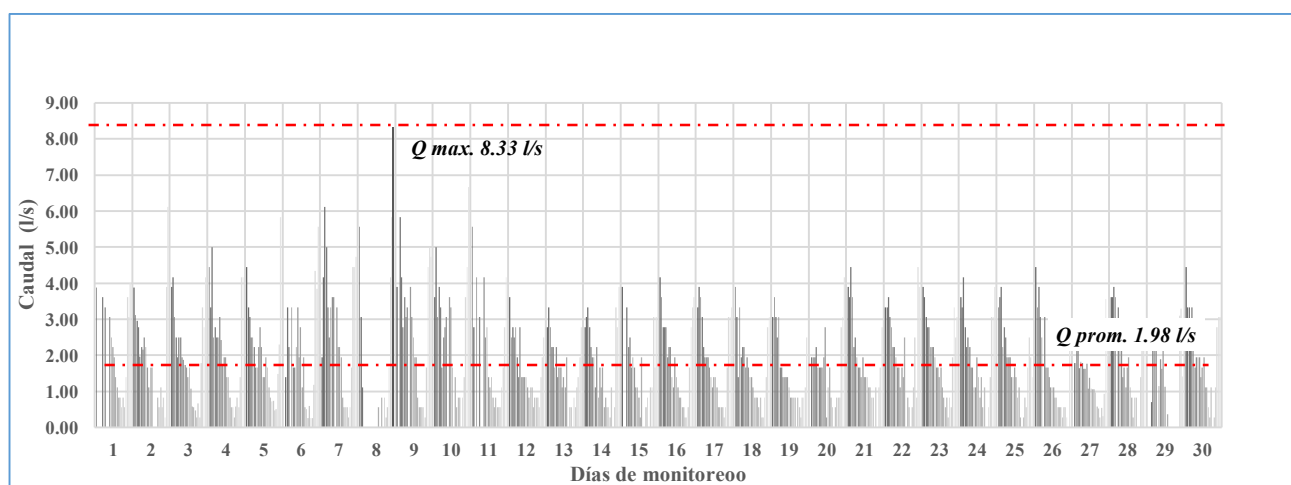


Gráfico No.IV- 1. Hidrograma de variación de caudal horario del agua potable para el Condominio Palmetto.

b) *Hidrograma de caudal promedio diario*

En la Gráfica No.IV-2, se presenta el comportamiento del caudal promedio diario en lps en 24 horas continuas de monitoreo durante el periodo del estudio. El caudal promedio diario corresponde a 1.98 lps, el día de máximo consumo corresponde a 2.69 lps y se presenta en los días 7 y 9, correspondiente a un día lunes y miércoles, respectivamente.

A partir de los consumos promedios diarios mostrados en la figura No. IV-2 y haciendo uso de la Ecuación No. 1, se ha determinado el consumo de agua potable per cápita o dotación para el Condominio Palmetto, resultando de 274.6 l/hab/día. Este valor resulta menor que lo establecido por el INAA en la NTON 09 003-99, que para zonas de media densidad recomienda de 378 l/hab/día. El alto nivel de vida de las personas en este residencial, hacen que sus demandas de agua potable sean mayores que las de otros lugares con menor nivel de vida.

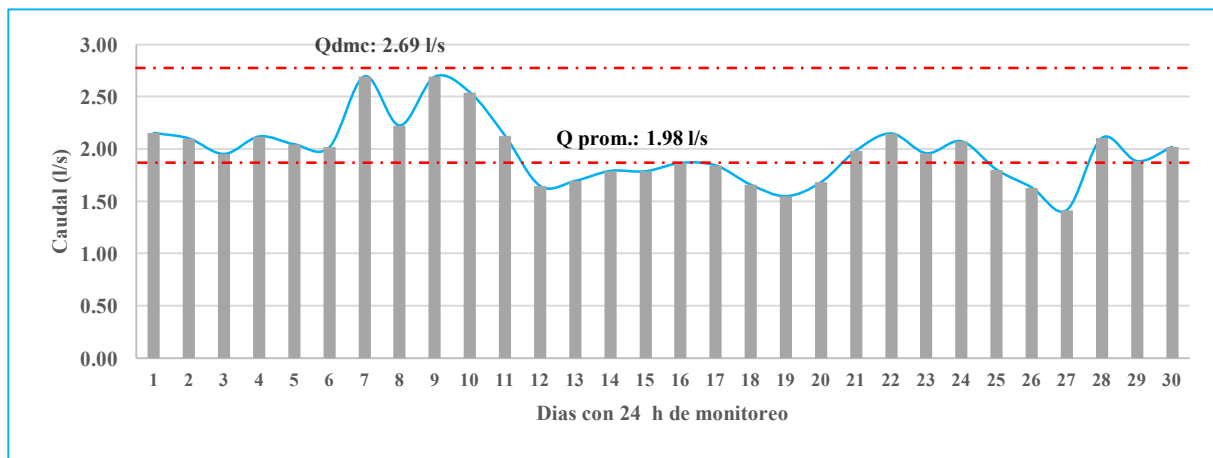


Gráfico No.IV- 2. Hidrograma de caudal promedio diario de agua potable para el Condominio Palmetto.

4.1.1.2. Urbanización San Miguel

a) Hidrograma de variación de caudal horario

El hidrograma de variación de caudal horario de agua potable ver Gráfica No.IV-3 que corresponde al período del 03 de octubre a 01 de noviembre de 2016, muestra el comportamiento del caudal de agua potable durante las diferentes horas del día para el período de monitoreo establecido, obteniendo un caudal máximo de 10.92 lps y un caudal promedio de 3.71 lps.

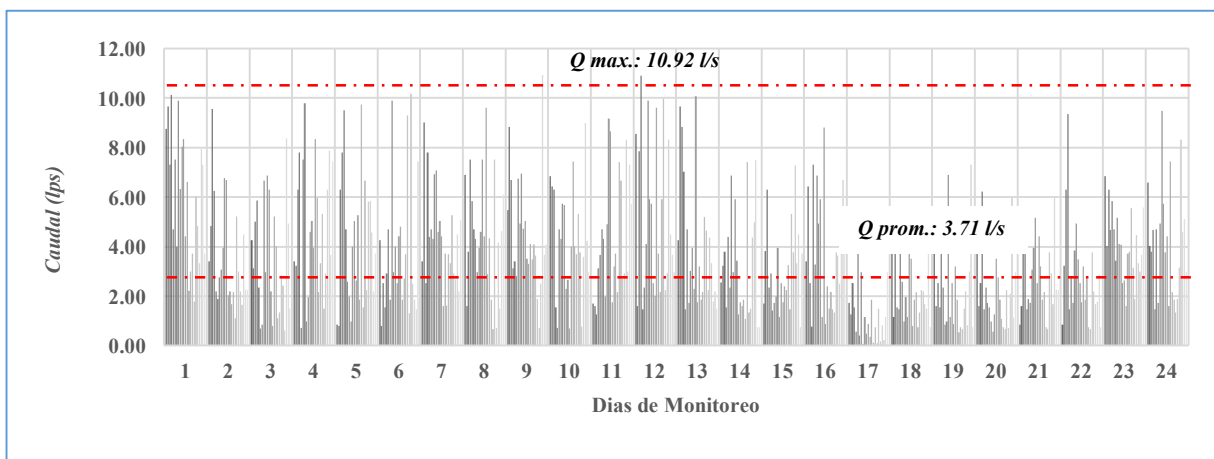


Gráfico No.IV- 3. Hidrograma de variación de caudal horario de agua potable para Urbanización San Miguel.

b) Hidrograma de caudal promedio diario

En la Gráfica No.IV-4, se presenta el comportamiento del caudal promedio diario en lps en 24 horas continuas de monitoreo durante el período del estudio. El caudal promedio diario corresponde a 3.71 lps, el día de máximo consumo corresponde a 4.99 lps y se presenta en el día 3, correspondiente a miércoles.

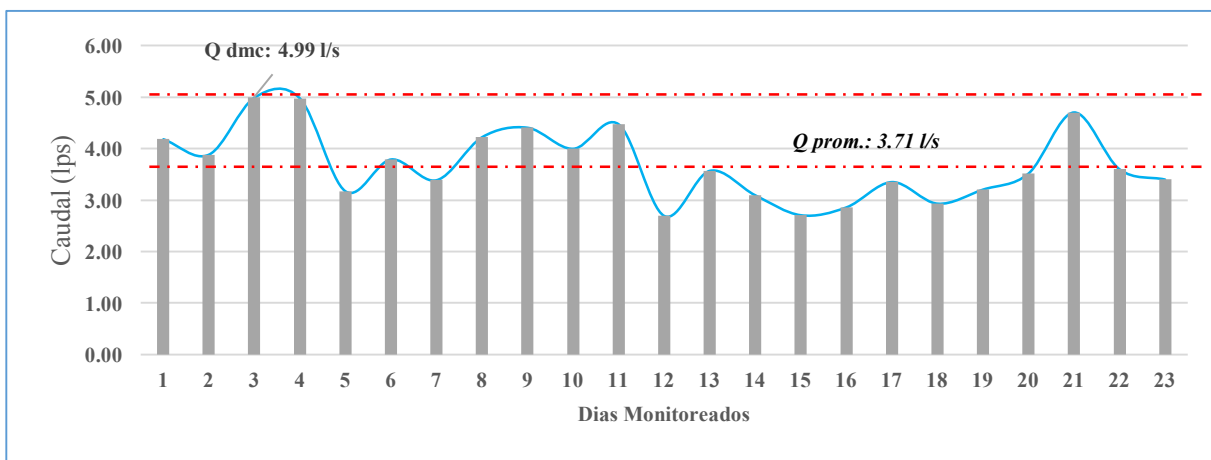


Gráfico No.IV- 4. Hidrograma de caudal promedio diario de agua potable para Urbanización San Miguel.

A partir los consumos promedios diarios mostrados en la figura No. IV-4 y haciendo uso de la Ecuación No. 1, se ha determinado el consumo de agua potable per cápita o dotación para la urbanización San Miguel, resultando de 267 l/hab/día. Este valor resulta mayor que lo

establecido por el INAA en la NTON 09 003-99, que para zonas de alta densidad recomienda de 150 l/hab/día, estimamos que el exceso de consumo de agua potable se debe a que los hogares en esta urbanización no cuentan con micro-medidores y el cobro de AP se hace mediante cuota fija. También, este valor podría incluir algún tipo de pérdidas en el sistema tales como fugas, limpieza en el tanque de almacenamiento, etc. Sin embargo, el mayor problema es la falta de micro-medición.

4.1.2. Hidrograma de agua residual

4.1.2.1. Condominio Palmetto

a) Hidrograma de caudal promedio diario

El hidrograma de caudal promedio diario de agua residual generada y que ingresa a la planta de tratamiento de este condominio se elaboró siguiendo la metodología descrita en el capítulo III y que corresponde al período del 17 de mayo al 15 de junio de 2016. El hidrograma resultante se presenta en la Gráfico No.IV-5, y muestra el comportamiento diario del caudal del afluente de la PTAR para un mes de monitoreo diario continuo durante 24 horas; obteniendo un caudal máximo de 2.51 l/s que corresponde a un día lunes, un caudal promedio de 1.81 l/s y un caudal mínimo de 0.97 l/s que corresponde a un día miércoles.

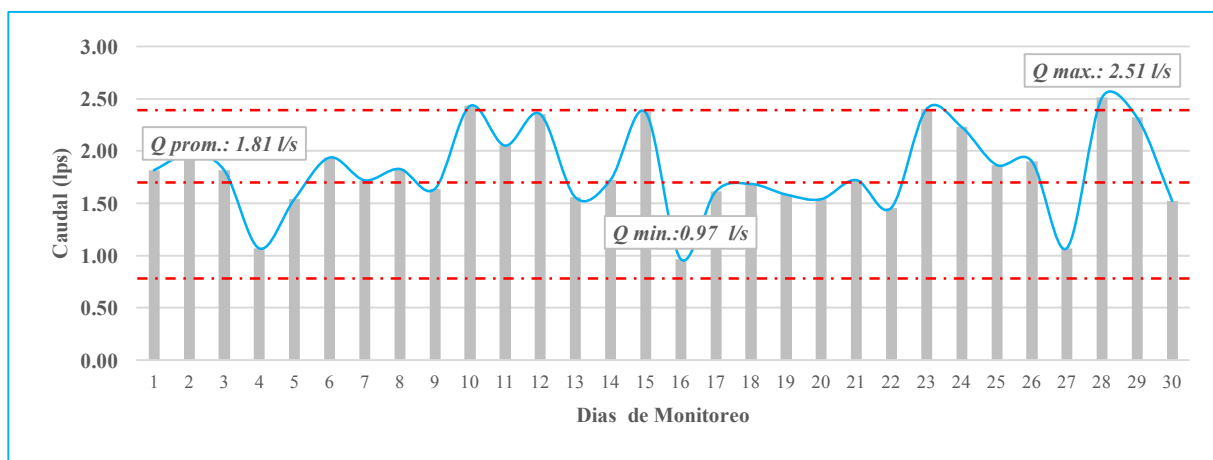


Gráfico No.IV- 5. Hidrograma de caudal promedio diario de la planta de tratamiento Condominio Palmetto.

b) Hidrograma de caudal promedio horario

En la Gráfica No.IV-6, se presenta el comportamiento promedio horario del caudal en lps de la PTAR durante 24 horas en 30 días continuos. Los principales picos se dan a las 6 am, 10 am, 3 pm y 9 pm.

Según la encuesta realizada el 70% de la población a las 6 am prepara desayuno y se alista para irse a sus actividades laborales. Generalmente, este segmento poblacional corresponde a personas que trabajan en horarios regulares de 8 am-5 pm. El otro pico que se presenta a las 10 am asumimos que corresponde a un segmento de la población que entra más tarde a su trabajo. El pico de las 3 pm está influenciado por un 79% de la población que preparan almuerzo y cena todos los días; además de actividades domésticas de limpieza y lavado. Según encuesta, las empleadas domestica salen a las 4 pm. Finalmente, el pico de las 9 pm corresponde a actividades previas al descanso. El caudal mínimo se presenta entre la 1 y 2 am, donde la mayoría de las personas se encuentran descansando.

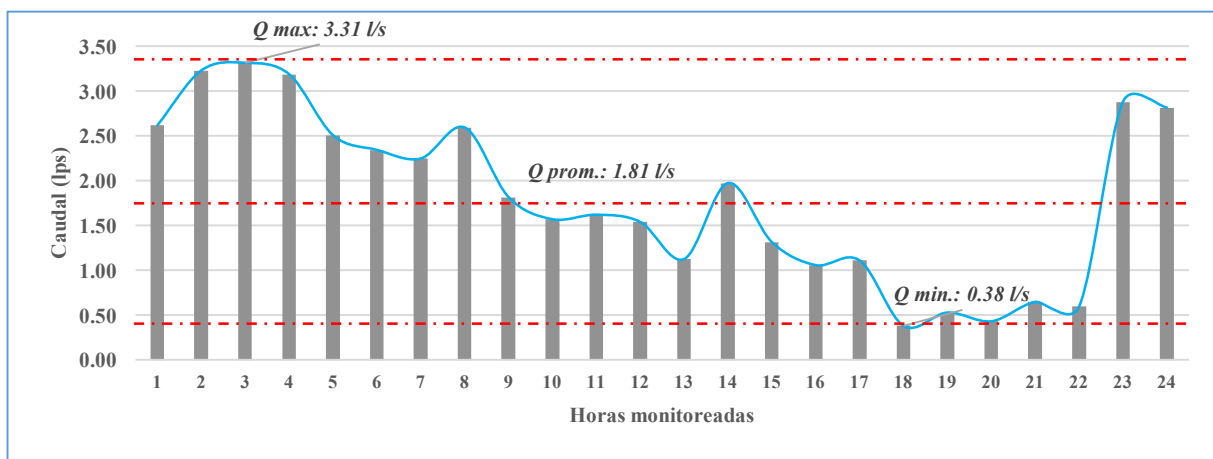


Gráfico No.IV- 6. Hidrograma de caudal promedio horario de la planta de tratamiento Condominio Palmetto.

4.1.2.2. Urbanización San Miguel

a) Hidrograma de caudal promedio diario

El hidrograma de agua residual de la planta de tratamiento resultante ver Gráfica No.IV-7, muestra el comportamiento diario del caudal del afluente de la PTAR para un mes de monitoreo diario continuo durante 24 horas y que corresponde al período del 03 de octubre a 01 de noviembre de 2016, obteniendo un caudal máximo de 4.93 lps que corresponde a un día

domingo, un caudal promedio de 3.38 lps y un caudal mínimo de 2.49 lps que corresponde a un día viernes.

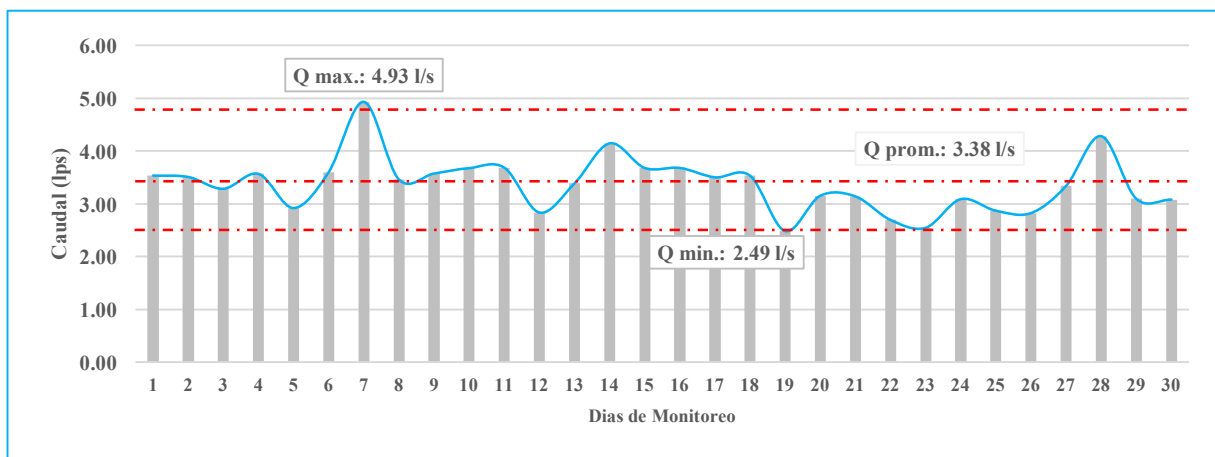


Gráfico No.IV- 7. Hidrograma de caudal promedio diario de la planta de tratamiento Urbanización San Miguel.

b) Hidrograma de caudal promedio horario

En la Gráfica No.IV-8, se presenta el comportamiento promedio horario del caudal en lps de la PTAR durante 24 horas en 30 días continuos. Los principales picos se dan de 6 hasta las 7 am hora en el que una parte de la población se está preparando para irse a sus actividades laborales. El mayor segmento de la población trabaja en entidades estatales en Managua. Según los datos de la encuesta el 50% de la población prepara desayuno los 7 días de la semana.

El segundo pico se presenta entre 11 am a 12 pm. En este periodo el 71% de la población prepara almuerzo y realizan actividades de limpieza doméstica. El pico de las 7 pm está influido por el 90% de la población que realiza actividades de preparación de la cena. Finalmente, el pico de las 10 pm corresponde a actividades previas al descanso. El caudal mínimo se presenta entre las 4 y 5 am.

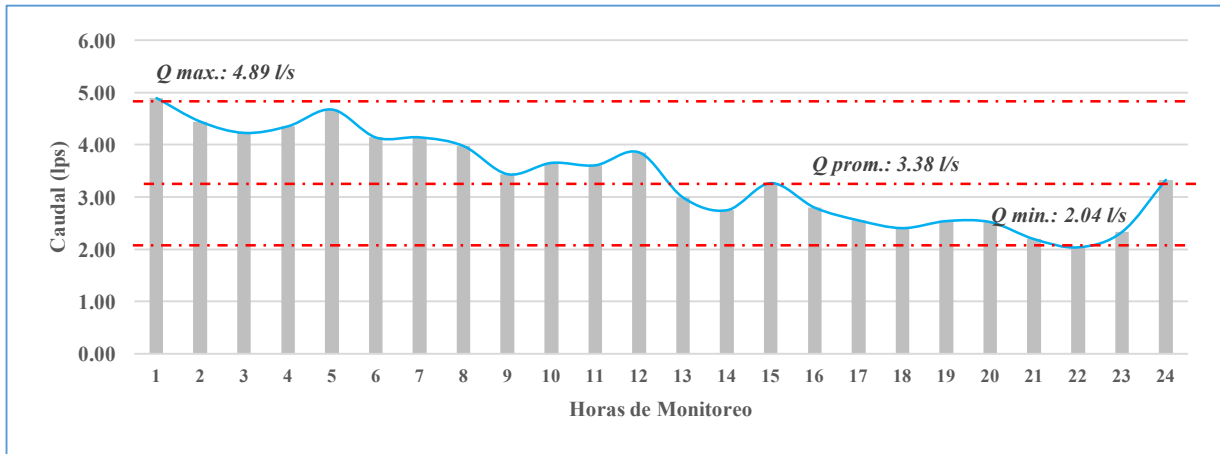


Gráfico No.IV- 8. Hidrograma de caudal promedio horario de la planta de tratamiento Urbanización San Miguel.

4.2. Factores de consumo de agua potable

4.2.1. Factores de consumo de agua potable Condominio Palmetto

a) Factor máximo día

Para calcular el factor de máximo día se utilizó el hidrograma de variación de caudal promedio diario ver Gráfica No.IV-9. El caudal promedio diario es de 1.98 l/s y el caudal máximo es de 2.69 lps, el cual ocurrió el día jueves 26 de junio de 2016. Aplicando la Ecuación No.6, presentada en el capítulo III, se determina el valor del factor de máximo día, donde el factor de máximo día calculado de 1.37 (137%) encontrándose dentro del rango 130 – 150% recomendado por la norma NTON 09-003-99 (2.5-a).

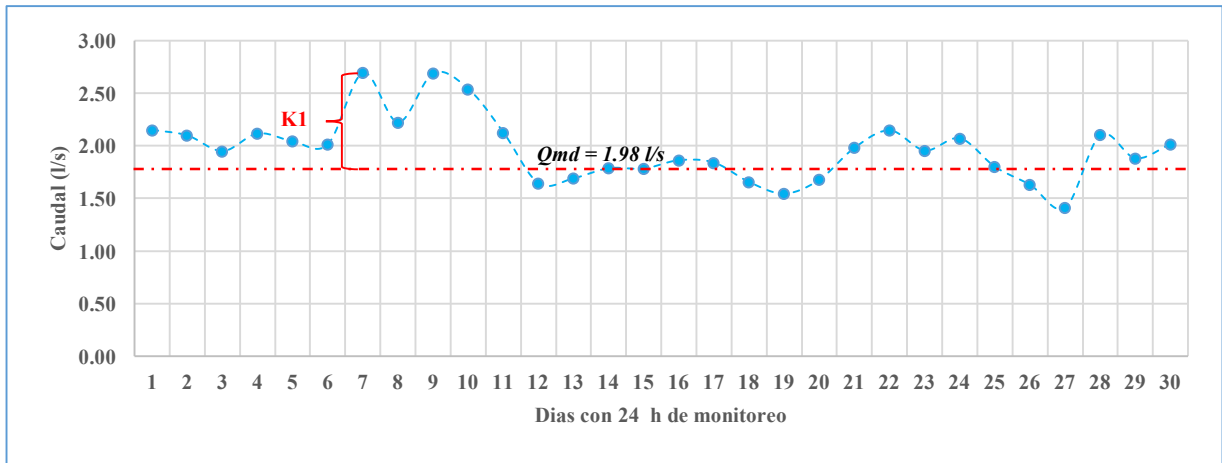


Gráfico No.IV- 9. Hidrograma de variación de caudal promedio diario Condominio Palmetto.

$$K1 = \frac{Q_{md}}{Q_m} = (2.69 \text{ l/s}) / (1.98 \text{ l/s})$$

Factor máximo día $K1$

$$K1 = 1.37 ; 137 \% \text{ del } Q_m.$$

Caudal máximo día $Q_{md} = 2.69 \text{ l/s}$

Caudal promedio $Q_m = 1.68 \text{ l/s}$

b) Factor máxima hora

El factor de máxima hora se calculó haciendo uso del hidrograma de variación de caudal horario del día de máximo de consumo ver Gráfica No.IV-10. A partir de este hidrograma se obtiene el caudal promedio horario del máximo día igual a 2.54 l/s. Posteriormente se identifica en el hidrograma la hora de mayor caudal registrado que corresponde al día jueves 26 de junio de 2016 a las 7-8 am que tiene un valor de 6.67 l/s y se calcula el factor de máxima hora mediante la Ecuación No.7. El resultado para el factor de máxima hora es de 2.63 (263% de la demanda promedio del día de máximo consumo). La Norma NTON 09-003-99 (2.5-a) recomienda utilizar un factor de máxima hora de 150% para la ciudad de Managua y de 250% para el resto del país.



Gráfico No.IV- 10 . Hidrograma de variación de caudal horario del día de máximo consumo Condominio Palmetto.

$$K2 = \frac{Q_{mh}}{Q_m} = (6.67 \text{ l/s}) / (2.54 \text{ l/s})$$

Factor máxima hora $K2$

$$K2 = 2.63 ; 263 \% \text{ del } Q_m.$$

$$\text{Caudal máxima hora } Q_{mh} = 6.67 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal promedio } Q_m = 2.54 \text{ l/s}$$

4.2.2. Factores de consumo de agua potable Urbanización San Miguel

a) Factor máximo día

Para calcular el factor de máximo día se utilizó el hidrograma de variación de caudal promedio diario ver Gráfica No.IV-11. El caudal promedio diario es de 3.78 lps y el caudal del día máximo es de 4.99 lps, el cual ocurrió el día miércoles 12 de octubre de 2016. Aplicando la Ecuación No.6, presentada en el capítulo III, se determina el valor del factor de máximo día, donde el factor de máximo día calculado de 1.34 (134%). La Norma NTON 09-003-99 (2.5-a) recomienda utilizar un factor máximo día de 130% para la ciudad de Managua y de 150% para el resto del país.

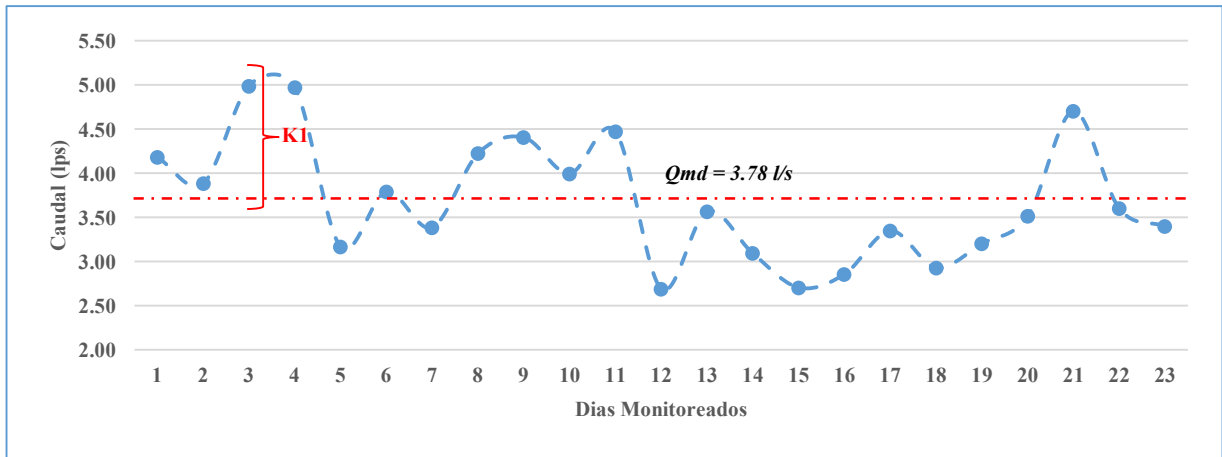


Gráfico No.IV- 11. Hidrograma de variación de caudal promedio diario Urbanización San Miguel.

$$K1 = \frac{Q_{md}}{Q_m} = (4.99 \text{ l/s}) / (3.78 \text{ l/s})$$

Factor máximo día K1

$$K1 = 1.34 ; 134 \% \text{ del } Q_m.$$

Caudal máximo día $Q_{md} = 4.99 \text{ l/s}$

Caudal promedio $Q_m = 3.78 \text{ l/s}$

b) Factor máxima hora

El factor de máxima hora se calculó haciendo uso del hidrograma de variación de caudal horario del día de máximo de consumo ver Gráfica No.IV-12. A partir de este hidrograma se obtiene el caudal promedio horario del máximo día igual a 4.99 l/s. Posteriormente se identifica en el hidrograma la hora de mayor caudal registrado que corresponde al día miércoles 12 de octubre de 2016 a las 8-9 am y tiene un valor de 9.57 l/s y se calcula el factor de máxima hora mediante la Ecuación No.7, el resultado para el factor de máxima hora es de 2.92 (292 % de la demanda promedio del día de máximo consumo). La Norma NTON 09-003-99 (2.5-a) recomienda utilizar un factor de máxima hora de 150% para la ciudad de Managua y de 250% para el resto del país.

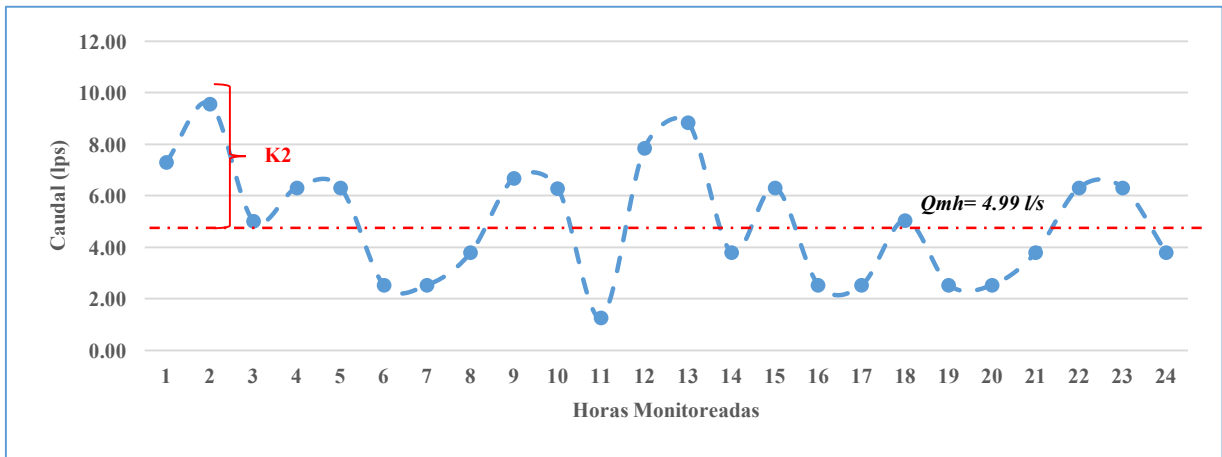


Gráfico No.IV- 12. Hidrograma de variación de caudal horario del día de máximo consumo Urbanización San Miguel.

$$K2 = \frac{Q_{mh}}{Q_m} = (9.57 \text{ l/s}) / (4.99 \text{ l/s})$$

Factor máxima hora **K2**

$$K2 = 2.92; 292 \% \text{ del } Q_m.$$

Caudal máxima hora $Q_{mh} = 9.57 \text{ l/s}$

Caudal promedio $Q_m = 4.99 \text{ l/s}$

4.3 Factor de Harmon

4.3.1 Factor de Harmon para Condominio Palmetto

a) Factor de Harmon calculado (KC)

El factor de Harmon se calculó mediante la relación entre caudal medio de agua residual el caudal máximo horario. En la Gráfica No. IV-13 se muestra del hidrograma de variación de caudal horario de la PTAR. Haciendo uso de este se obtiene el caudal medio AR, correspondiente a 1.81 lps y un caudal máximo de 6.94 lps. Aplicando la Ecuación No.8, el factor de Harmon calculado es de 3.83. La guía técnica de INAA describe que el valor de Factor de Harmon adoptados en diseños de sistemas de alcantarillados sanitarios varía entre 1.8 - 3.0.

$$KC = \frac{Q_{\max} - AR}{Q_{\text{prom.}}} \quad Q_{\max} - AR = 6.94 \text{ l/s} \quad KC = \frac{6.94}{1.81}$$

$$Q_{\text{prom.}} = 1.81 \text{ l/s} \quad KC = 3.83$$

b) Factor de Harmon teórico (KT)

El Factor de Harmon teórico se obtiene mediante la Ecuación No.9. La población del Condominio Palmetto, según datos de la encuesta realizada es de 623 habitantes, resultando un Factor de Harmon teórico de 3.92. La guía técnica de INAA describe que el valor de Factor de Harmon adoptados en diseños de sistemas de alcantarillados sanitarios varía entre 1.8 - 3.0.

<i>Formulas</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Resultados</i>
Caudal Teórico	Población = 623 habitantes	$KT = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{623/1000}}$
$KT = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$		KT = 3.92

Los resultados de los factores de Harmon teórico versus calculado se comportan de manera similar en un 97.7%, siendo el valor teórico de 3.92 y el calculado 3.83. No obstante ambos valores son mayores al valor recomendado por INAA en la guía técnica de diseños de sistemas de alcantarillado sanitarios.

Por aspectos económicos, las guías establecen un valor máximo de 3, entre más pequeña es la población mayor será Harmon y más diámetro de alcantarillado sanitario se requiere, de allí que este valor esté limitado a 3.

4.3.2 Factor de Harmon para Urbanización San Miguel

a) Factor de Harmon calculado (KC)

El factor de Harmon se calculó mediante la relación entre caudal medio de agua residual el caudal máximo horario. En la Gráfica No. IV-13 se muestra del hidrograma de variación de caudal horario de la PTAR. Haciendo uso de este se obtiene el caudal medio AR, correspondiente a 3.37 lps y un caudal máximo de 7.75 lps. Aplicando la Ecuación No.8, el

factor de Harmon calculado es de 2.30. La guía técnica de INAA describe que el valor de Factor de Harmon adoptados en diseños de sistemas de alcantarillados sanitarios varía entre 1.8 - 3.0 respectivamente.

$$KC = \frac{Q_{max} - AR}{Q_{prom.}} \quad Q_{max-AR} = 7.75 \text{ l/s} \quad KC = \frac{7.75}{3.38}$$

$$Q_{prom.} = 3.38 \text{ l/s} \quad KC = \mathbf{2.30}$$

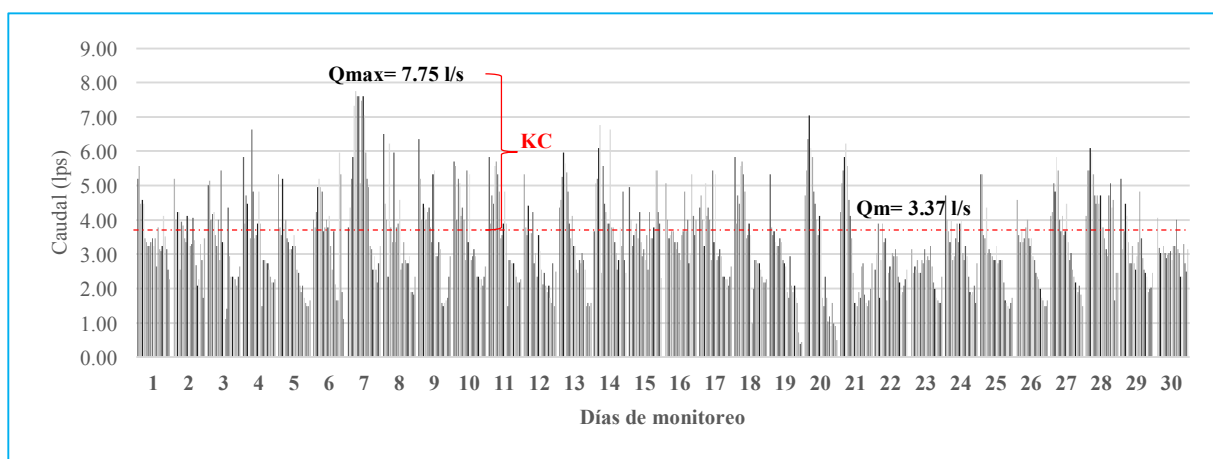


Gráfico No.IV- 13. Hidrograma de variación de caudal horario en la PTAR de Urbanización San Miguel.

b) Factor de Harmon teórico (KT)

El Factor de Harmon teórico se obtiene mediante la Ecuación No.9. La población de la Urbanización San Miguel, según datos de la encuesta realizada es de 1200 habitantes, resulta un Factor de Harmon teórico de 2.74. La guía técnica de INAA describe que el valor de Factor de Harmon adoptados en diseños de sistemas de alcantarillados sanitarios varía entre 1.8 - 3.0

<i>Formulas</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Resultados</i>
Caudal Teórico	Población = 1200 habitantes	$KT = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{1200/1000}}$
$KT = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$		KT = 2.74

Los resultados de los factores de Harmon teórico versus calculado se comportan de manera similar en un 84 %, siendo el valor teórico de 2.74 y el calculado 2.30. Ambos valores se encuentran dentro del rango de 1.8 a 3, recomendado por INAA en la guía técnica de diseños de sistemas de alcantarillado sanitarios.

4.3.2. Factores de retorno de agua residual Condominio Palmetto

El factor de retorno de agua residual resultante ver Gráfica No.IV-14 y la Tabla No.IV-1, donde se muestra los valores diarios del factor de retorno de agua residual y el promedios por día de para todo el periodo monitoreado; resultando valores mínimos de 80%, un valor promedio de 91% y máximos de 108%.

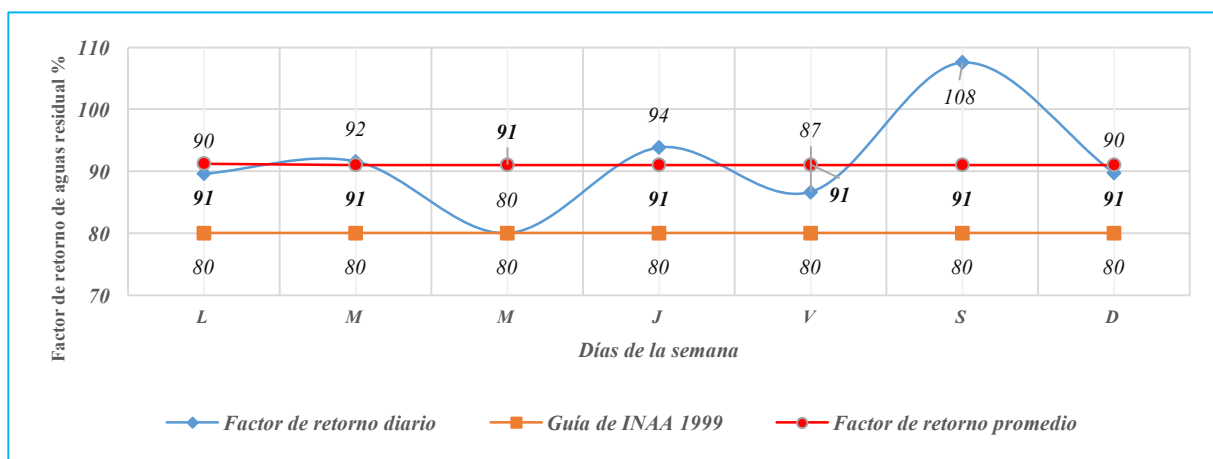


Gráfico No.IV- 14. Factor de retorno por día para el agua residual Condominio Palmetto.

No.	Día	Factor de retorno diario de agua residual en %
1	Lunes	90
2	Martes	92
3	Miércoles	80
4	Jueves	94
5	Viernes	87
6	Sábado	108
7	Domingo	90
Promedio		91

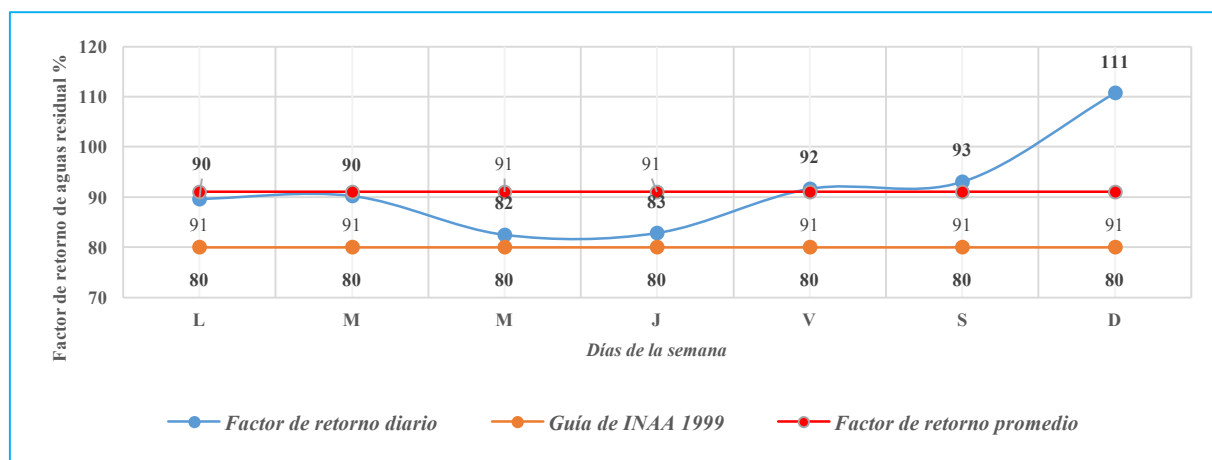
Tabla No.IV- 1. Factor de retorno por día para el agua residual Condominio Palmetto.

El factor de retorno promedio de agua residual para el Condominio Palmetto es de 91%, superando en un 87% a lo establecido por la Guía de INAA 1999 y 2004 que es del 80%, este factor está sustentado por los monitoreos continuos realizados al sistema de agua potable y plantas de tratamientos de agua residual.

<i>Factores</i>	<i>Fórmulas</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Resultados</i>
Factor de retorno agua residual “C”	$C = \frac{QARD}{QAP} * 100$	$QARD = 1.81$ $QAP = 1.99$	$C = \frac{1.81}{1.99} * 100$ C = 90.95 % C= 91%

4.3.3. Factores de retorno de agua residual Urbanización San Miguel

El factor de retorno de agua residual resultante ver Gráfica No.IV-15 y la Tabla No.IV-2, donde se muestra los valores diarios del factor de retorno de agua residual y el promedios por día de para todo el periodo monitoreado; resultando valores mínimos de 82%, un valor promedio de 91% y máximos de 111%.



Gráfica No.IV- 15. Factor de retorno de agua residual Urbanización San Miguel.

<i>No.</i>	<i>Día</i>	<i>Factor de retorno diario de agua residual en %</i>
1	Lunes	90
2	Martes	90
3	Miércoles	82
4	Jueves	83
5	Viernes	92
6	Sábado	93
7	Domingo	111
Promedio		91

Tabla No.IV- 2. Factor de retorno por día para el agua residual Urbanización San Miguel.

El factor de retorno promedio de agua residual para el Condominio Palmetto es de 91%, superando en un 14% a lo establecido por la Guía de INAA 1999 y 2004 que es del 80%, este factor está sustentado por los monitoreos continuos realizados al sistema de agua potable y plantas de tratamientos de agua residual.

<i>Factores</i>	<i>Fórmulas</i>	<i>Parámetros</i>	<i>Resultados</i>
Factor de retorno agua residual “C”	$C = \frac{QARD}{QAP} * 100$	QARD = 3.38 QAP = 3.71	$C = \frac{3.38}{3.71} * 100$ C = 91.11 % C = 91 %

4.4. Carga orgánica

4.4.1. Carga orgánica total Condominio Palmetto

Para calcular la carga orgánica total en función de DBO₅ y DQO, se utilizó la Ecuación No.2:
COT= *Concentración*_{prom} * *Q*_{prom}. * 0.0864.

En la Tabla No.IV-3, se presentan los resultados promedios obtenidos del análisis de las muestras de laboratorio para DBO₅, DQO; donde los resultados promedios de la carga orgánica total para DQO total es 68.93 kg/d y para la DBO₅ es de 44.21 kg/d.

Caudal prom. (l/s)	Población (hab.)	Resultados promedios de laboratorio		Carga orgánica total	
		<i>DQO</i> (mg/l)	<i>DBO₅</i> (mg/l)	<i>DQO</i> kg/d	<i>DBO₅</i> kg/d
1.81	623	443.20	284.3	68.93	44.21

Tabla No.IV- 3.Carga orgánica total para el Condominio Palmetto.

En la Gráfica No.IV-16, se presentan los resultados de la carga orgánica total para cada uno de los días de muestreo realizados para DQO y DBO₅, donde los días con menor valor de carga orgánica para la DQO corresponden al 11/06/2016 con un valor de 35.86 kg/d y de DBO₅, es de 23.79 kg/l, el 15/06/2016 con 63.53 mg/d para DQO y 42.92 kg/d para DBO₅, el 17/06/2016 con 82.71 mg/d para DQO y 48.55 kg/d para DBO₅ y valores máximos de DQO para el día 21/06/2016 con 93.61 kg/d y de DBO₅ es 61.59 kg/d, respectivamente.

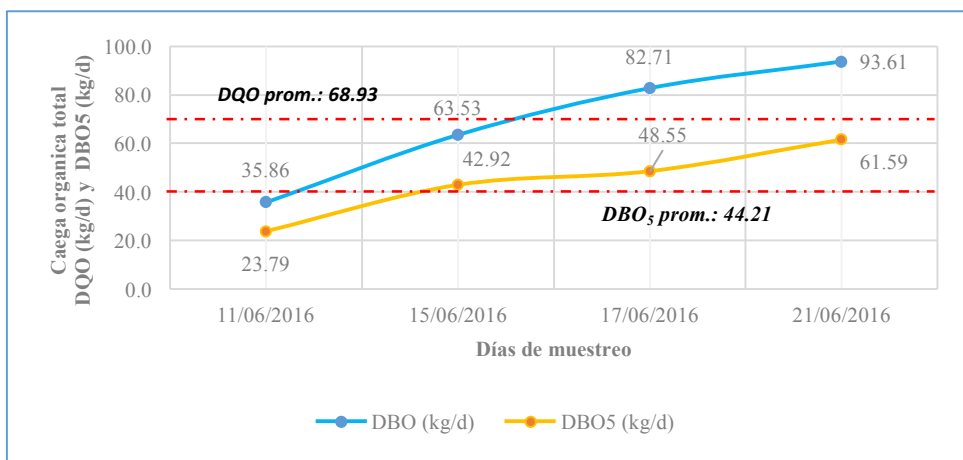


Gráfico No.IV- 16. Carga orgánica total planta de tratamiento de Condominio Palmetto.

4.4.2. Carga orgánica total Urbanización San Miguel

Para calcular la carga orgánica total en función de DBO₅ y DQO, se utilizó la Ecuación No2:

$$COT = \text{Concentración}_{prom.} * Q_{prom.} * 0.0864$$

En la Tabla No.IV-4, se presentan los resultados promedios obtenidos del análisis de las muestras de laboratorio para DBO₅, DQO; donde los resultados promedios de la carga orgánica total para para DQO total de 103.47 kg/d y de DBO₅ con un valor promedio de 56.05 kg/d.

<i>Caudal prom. (l/s)</i>	<i>Población (hab.)</i>	<i>Resultados promedios de laboratorio</i>		<i>Carga orgánica total</i>	
		DQO (mg/l)	DBO₅ (mg/l)	DQO kg/d	DBO₅ kg/d
3.38	1200	355.38	192.50	103.47	56.05

Tabla No.IV- 4. Carga orgánica total Urbanización San Miguel.

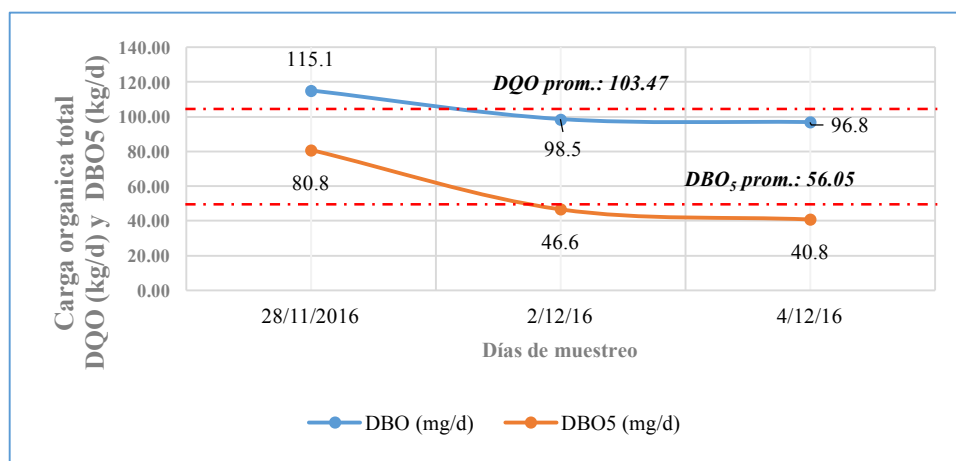


Gráfico No.IV- 17. Carga orgánica total planta de tratamiento de Urbanización San Miguel.

En la Gráfica No.IV-17, se presentan los resultados de la carga orgánica total para cada uno de los días de muestreo realizados para DQO y DBO₅, donde los días con menor valor de carga orgánica para la DQO corresponden al 04/12/2016 con un valor de 96.8 kg/d y de DBO₅, es de 40.8 kg/l, el 02/12/2016 con 98.5 mg/d para DQO y 46.4 kg/d para DBO₅, lo valores máximos de DQO son para el día 28/11/2016 con 115.1 kg/d y de DBO₅ es 80.8 kg/d, respectivamente.

4.4.3. Carga orgánica per cápita Condominio Palmetto

La carga orgánica per cápita, se calcula mediante la Ecuación No.4: $COP = COT * \frac{1000}{Población}$, donde con los resultados de calculados de COT aplicando la formula se obtiene los resultados

presentados en la Tabla No.IV-5; donde la carga orgánica per cápita en términos de DQO es de 110.64 g hab-d y en términos de DBO₅ es de 70.97 g hab-d.

<i>Población</i> <i>(hab.)</i>	<i>Carga orgánica total</i>		<i>Carga orgánica per cápita</i>	
	<i>DQO</i> <i>(kg/d)</i>	<i>DBO₅</i> <i>(kg/d)</i>	<i>DQO</i> <i>(g hab -d)</i>	<i>DBO₅</i> <i>(g hab -d)</i>
623	68.93	44.21	110.64	70.97

Tabla No.IV- 5.Carga orgánica per cápita para el Condominio Palmetto.

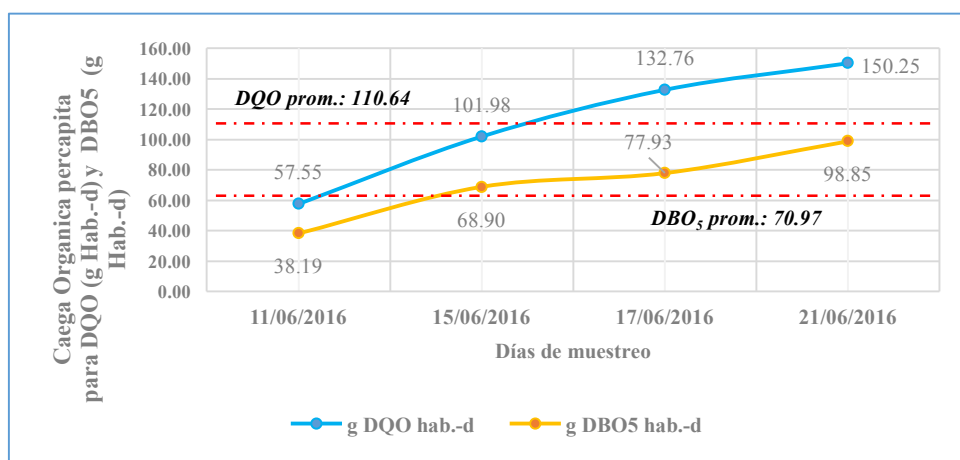


Gráfico No.IV- 18. Carga orgánica per cápita planta de tratamiento de Condominio Palmetto.

En la Gráfica No.IV-18, se presentan los resultados de la carga orgánica per cápita por días de muestreo realizados para DQO y DBO₅, donde los días con menor valor de carga orgánica per cápita para la DQO corresponden al 11/06/2016 con un valor de 57.55 g hab-d y de DBO₅, es de 38.19 g hab-d, el 15/06/2016 con 101.98 g hab-d para DQO y 68.9 g hab-d para DBO₅, el 17/06/2016 con 132.76 g hab-d para DQO y 77.93 g hab-d para DBO₅ y valores máximos de DQO para el día 21/06/2016 con 150.25 g hab-d y de DBO₅ es 98.85 g hab-d, respectivamente.

4.4.4. Carga orgánica per cápita Urbanización San Miguel

La carga orgánica per cápita, se calcula mediante la Ecuación No.4: $COP = COT * \frac{1000}{Población}$, donde con los resultados de calculados de COT aplicando la formula se obtiene los resultados presentados en la Tabla No.IV-6; donde la carga orgánica per cápita en términos de DQO es de 86.23 g hab-d y en términos de DBO₅ es de 46.71 g hab-d.

Población (hab.)	Carga orgánica total		Carga orgánica per cápita	
	DQO (kg/d)	DBO₅ (kg/d)	DQO (g hab -d)	DBO₅ (g hab -d)
1200	103.47	56.05	86.23	46.71

Tabla No.IV- 6.Carga orgánica per cápita para Urbanización San Miguel

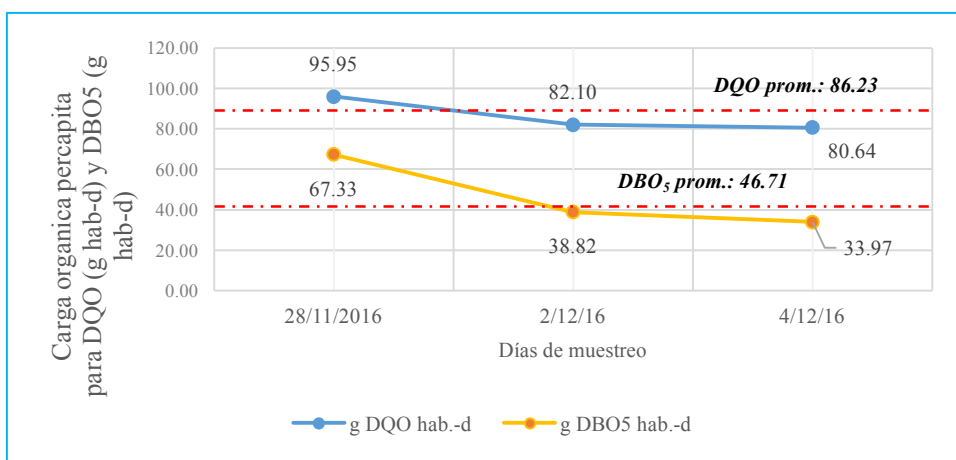


Gráfico No.IV- 19. Carga orgánica per cápita planta de tratamiento de Urbanización San Miguel.

En la Gráfica No.IV-19 se presentan los resultados de la carga orgánica per cápita por días de muestreo realizados en términos de DQO y DBO₅, donde los días con menor valor de carga orgánica per cápita para la DQO corresponden al 04/12/2016 con un valor de 80.64 g hab-d y de DBO₅, es de 33.97 g hab-d, el 02/12/2016 con 82.10 g hab-d para DQO y 38.82 g hab-d para DBO₅ y valores máximos de DQO para el día 28/28/2016 con 95.95 g hab-d y de DBO₅ es 67.33 g hab-d, respectivamente.

4.4.5. Carga de nutrientes total Condominio Palmetto

Para calcular la carga de nutrientes en función de NT y PT, se utilizó la Ecuación No.3: en donde

$$CNT = \text{Concentración}_{prom.} * Q_{prom.} * 0.0864$$

Caudal prom. (l/s)	Población (hab.)	Resultados promedios de laboratorio		Carga de nutrientes total	
		N _T (mg/l)	P _T (mg/l)	NT (kg/d)	PT (kg/d)
<i>1.81</i>	<i>623</i>	<i>40.91</i>	<i>2.36</i>	<i>6.36</i>	<i>0.37</i>

Tabla No.IV- 7.Carga de nutrientes total para Condominio Palmetto.

En la Tabla No.IV-7, se presentan los resultados promedios obtenidos del análisis de las muestras de laboratorio para NT y PT, el resultados promedio para NT total es de 6.36 kg/d y de PT de 0.37 kg/d.

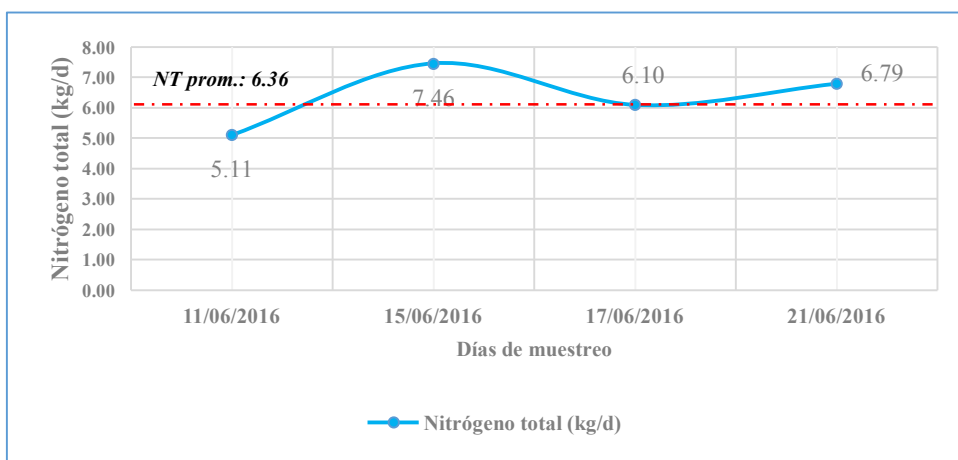


Gráfico No.IV- 20. Carga de nutrientes total para Nitrógeno planta de tratamiento Condominio Palmetto.

En la Gráfica No.IV-20 se presentan los valores de Nitrógeno total para los días de muestreo, el menor valor encontrado corresponde al día 11/06/2016 con 5.11 kg/d, seguido del día

17/06/2016 con 6.10 kg/d, luego el día 21/06/2016 con 6.79 kg/d y el máximo valor se dio el día 15/06/2016 con 7.46 kg/d respectivamente.

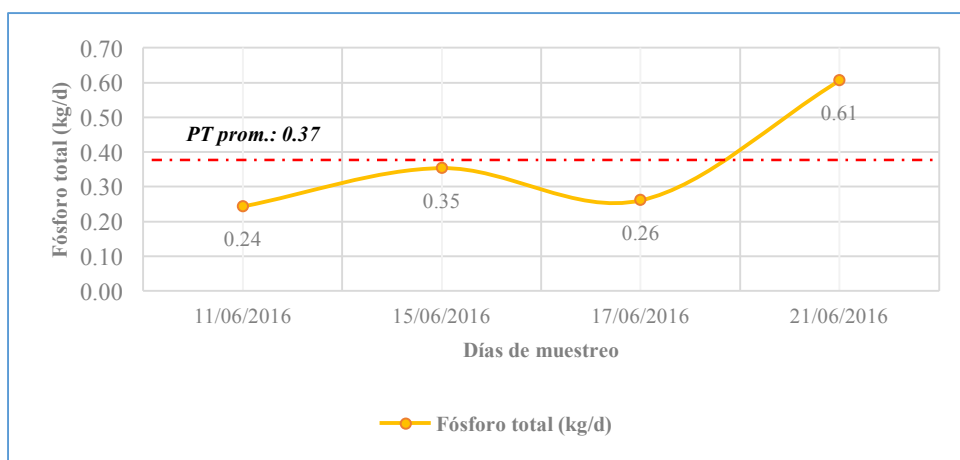


Gráfico No.IV- 21. Carga de nutrientes total para Fósforo planta de tratamiento Condominio Palmetto.

En la Gráfica No.IV-21 se presentan los valores de Fósforo total para los días de muestreo, el menor valor encontrado corresponde al día 11/06/2016 con 0.24 kg/d, seguido del día 17/06/2016 con 0.26 kg/d, luego el día 15/06/2016 con 0.35 kg/d y el máximo valor se dio el día 21/06/2016 con 0.61 kg/d respectivamente.

4.4.6. Carga de nutrientes total Urbanización San Miguel

Para calcular la carga de nutrientes en función de NT y PT, se utilizó la Ecuación No.3: en donde: $CNT = Concentración_{prom.} * Q_{prom.} * 0.0864$

En la Tabla No.IV-8, se presentan los resultados promedios obtenidos del análisis de las muestras de laboratorio para NT, aplicando la ecuación de carga de nutrientes total se obtiene los resultados promedios para NT total de 11.02 kg/d y de PT con un valor promedio de 0.43 kg/d.

<i>Caudal prom. (l/s)</i>	<i>Población (hab.)</i>	<i>Resultados promedios de laboratorio</i>		<i>Carga de nutrientes total</i>	
		<i>N_T (mg/l)</i>	<i>P_T (mg/l)</i>	<i>NT(kg/d)</i>	<i>PT(kg/d)</i>
3.38	1200	37.86	1.49	11.02	0.43

Tabla No.IV- 8. Carga de nutrientes total para Urbanización San Miguel

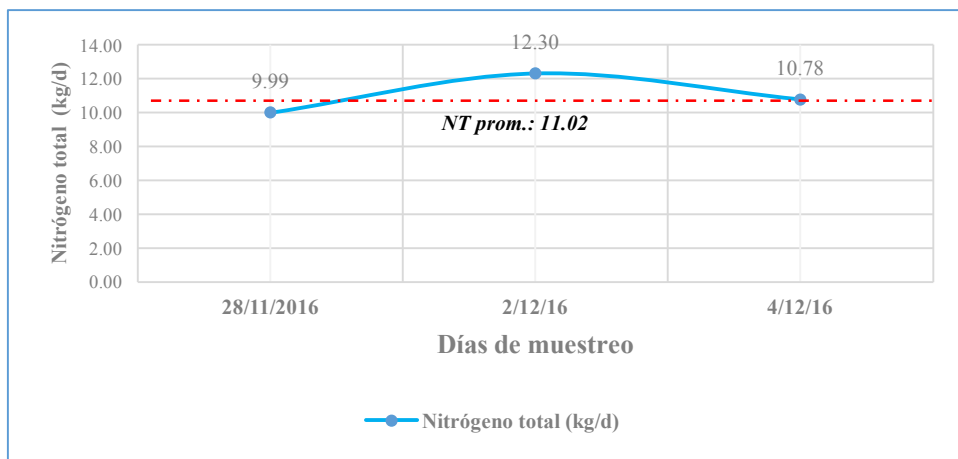


Gráfico No.IV- 22. Carga de nutrientes total para Nitrógeno planta de tratamiento Urbanización San Miguel.

En la Gráfica No.IV-22 se presentan los valores de Nitrógeno total para los días de muestreo, el menor valor encontrado corresponde al día 28/011/2016 con 9.99 kg/d, seguido del día 04/12/2016 con 10.78 kg/d, el máximo valor se dio el día 02/12/2016 con 12.30 kg/d respectivamente.

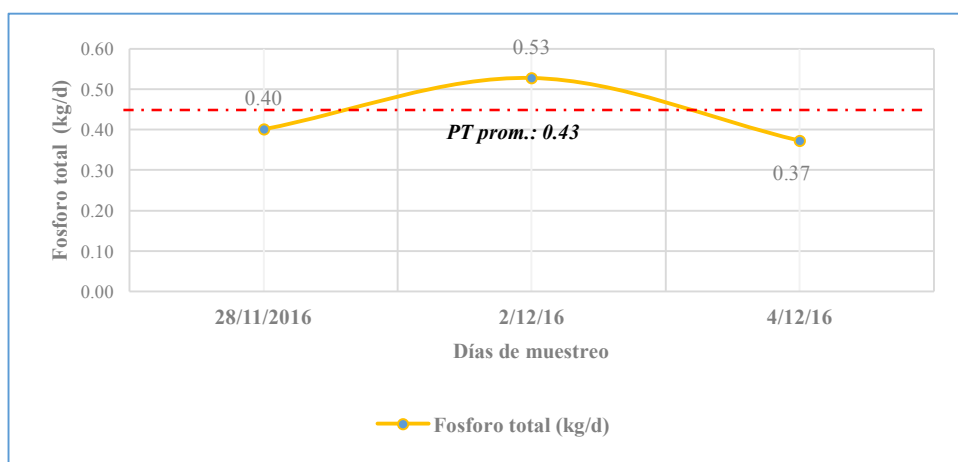


Gráfico No.IV- 23. Carga de nutrientes total para Fósforo planta de tratamiento Urbanización San Miguel.

En la Gráfica No.IV-23 se presentan los valores de Fósforo total para los días de muestreo, el menor valor encontrado corresponde al día 04/12/2016 con 0.37 kg/d, seguido del día

28/12/2016 con 0.40 kg/d, el máximo valor se dio el día 02/12/2016 con 0.53 kg/d respectivamente.

4.4.7. Carga de nutrientes per cápita Condominio Palmetto

La carga orgánica per cápita, se calcula mediante la Ecuación No.4 : $CNP = CNT * \frac{1000}{Población}$, donde con los resultados de calculados de CNT aplicando la formula se obtiene los resultados presentados en la Tabla No.IV-9; donde la carga orgánica per cápita en términos de NT es de 0.37 g hab-d y en términos de PT es de 0.59 g hab-d.

<i>Población</i> <i>(hab.)</i>	<i>Carga de nutrientes total</i>		<i>Carga de nutrientes per cápita</i>	
	<i>NT</i> <i>(kg/d)</i>	<i>PT</i> <i>(kg/d)</i>	<i>NT</i> <i>(g hab –d)</i>	<i>PT</i> <i>(g hab –d)</i>
623	6.36	0.37	10.2	0.59

Tabla No.IV- 9.Carga de nutrientes per cápita para el Condominio Palmetto.

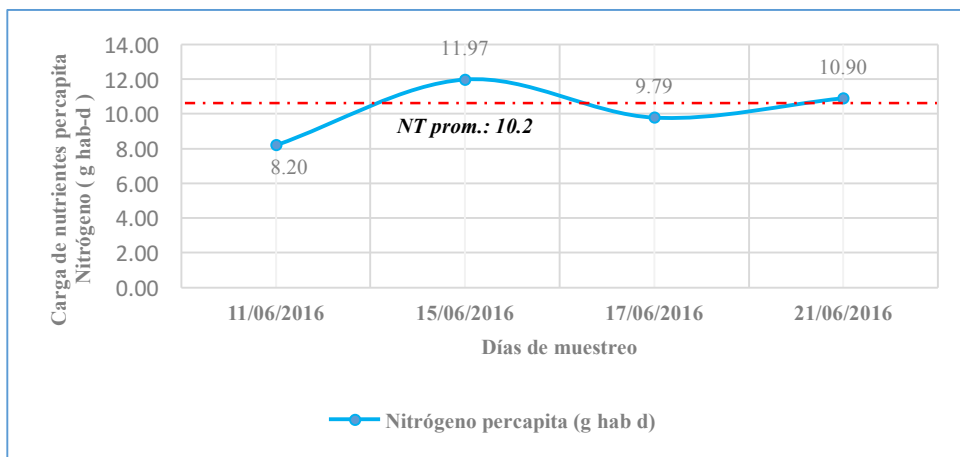


Gráfico No.IV- 24. Carga de nutrientes per cápita para Nitrógeno planta de tratamiento Condominio Palmetto.

En la Gráfica No.IV-24, se presentan los valores de carga de nutrientes per cápita en términos de Nitrógeno, los valores menores corresponden al día 11/06/2016 con un valor de 8.20 g hab-d, seguido del día 17/06/2016 con 9.79 g hab-d, luego el día 21/06/2016 con 10.90 g hab-d y el valor máximo para el día 15/06/2016 con 11.97 g hab-d, respectivamente.

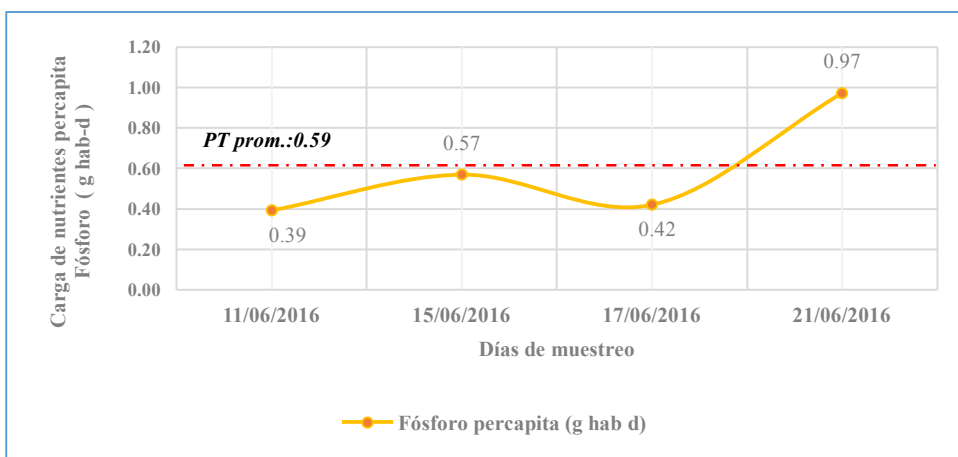


Gráfico No.IV- 25.Carga de nutrientes per cápita para Fósforo planta de tratamiento Condominio Palmetto.

En la gráfica No. IV-25, se presentan los valores de carga de nutrientes per cápita en términos de Fósforo, los valores menores corresponden al día 11/06/2016 con un valor de 0.39 g hab-d, seguido del día 17/06/2016 con 0.42 g hab-d, luego el día 15/06/2016 con 0.57 g hab-d y el valor máximo para el día 21/06/2016 con 0.97 g hab-d, respectivamente.

4.4.8. Carga de nutrientes per cápita Urbanización San Miguel

La carga orgánica per cápita, se calcula mediante la Ecuación No.4 : $CNP = CNT * \frac{1000}{Población}$, donde con los resultados de calculados de COT aplicando la formula se obtiene los resultados presentados en la Tabla No.IV-10; donde la carga orgánica per cápita en términos de NT es de 9.19 g hab-d y en términos de PT es de 0.36 g hab-d.

<i>Población</i> <i>(hab.)</i>	<i>Carga de nutrientes total</i>		<i>Carga de nutrientes per cápita</i>	
	<i>NT</i> <i>(kg/d)</i>	<i>PT</i> <i>(kg/d)</i>	<i>NT</i> <i>(g hab –d)</i>	<i>PT</i> <i>(g hab –d)</i>
1200	<i>11.02</i>	<i>0.43</i>	<i>9.19</i>	<i>0.36</i>

Tabla No.IV- 10. Carga de nutrientes per cápita para la Urbanización San Miguel.

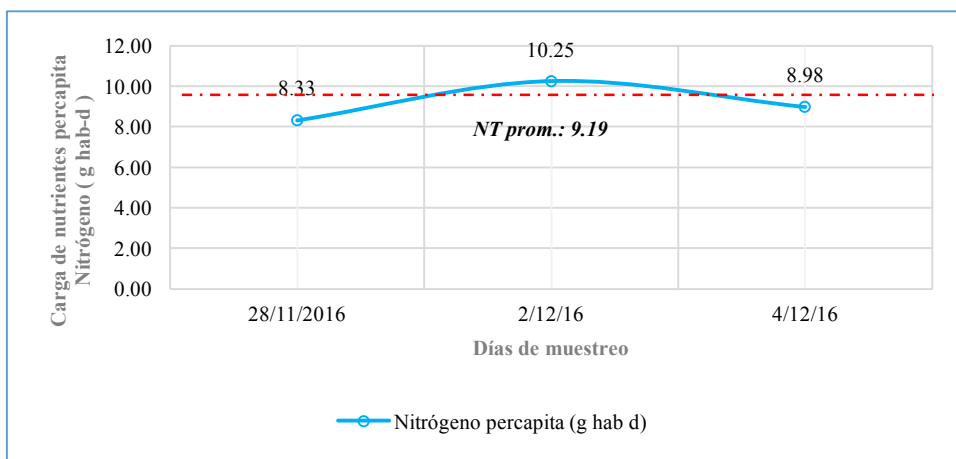


Gráfico No.IV- 26. Carga de nutrientes per cápita para Nitrógeno planta de tratamiento Urbanización San Miguel.

En la Gráfica No. IV-26, se presentan los valores de carga de nutrientes per cápita en términos de Nitrógeno, los valores menores corresponden al día 28/11/2016 con un valor de 8.33 g hab-d, seguido del día 04/12/2016 con 8.98 g hab-d y el valor máximo para el día 02/12/2016 con 10.25 g hab-d, respectivamente.

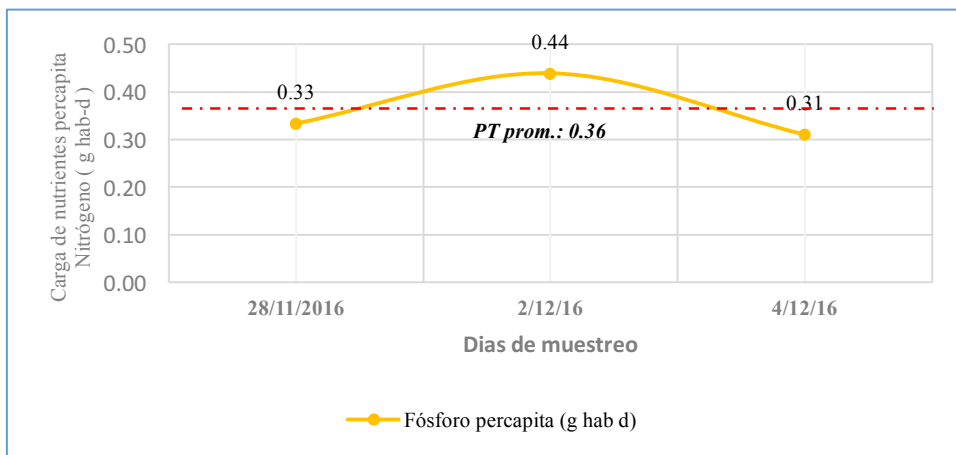


Gráfico No.IV- 27. Carga de nutrientes per cápita para Fósforo planta de tratamiento Urbanización San Miguel.

En la Gráfica No. IV-27, se presentan los valores de carga de nutrientes per cápita en términos de Fósforo, los valores menores corresponden al día 04/12/2016 con un valor de 0.31 g hab-d, seguido del día 28/11/2016 con 0.33 g hab-d, y el valor máximo para el día 2/12/2016 con 0.44 g hab-d, respectivamente.

4.4.9. Comparación de resultados obtenidos en las residenciales de estudio versus recomendados guías nacionales y bibliografía.

	Parámetros	Sitios del Estudio		Guías/ Normas	Estudio de Referencia Nacional					Otros Estudio de Referencias			
		Condominio Palmetto	Urbanización San Miguel	Guía de INAA 2004	CIRH 1990	Managua [1]	Granada [2]	Masaya [3]	León [4]	Metcalf & Eddy, 1995	Chile [5]	Bolivia [6]	EEUU [7]
Carga Orgánica per cápita	DQO (g hab-d)	110.64	86.23	----	80 - 120	95.51	93	104.52	81.67	110 - 120	-----	-----	-----
	DBO₅ (g hab-d)	70.91	46.71	23 - 60	30 - 45	46.22	46.5	34.8	50.63	65 - 120	40	54	80
Carga de Nutrientes per cápita	NT (g hab-d)	10.2	9.19	-----	1.5 - 2.2	-----	-----	-----	-----	9 - 21.5	-----	-----	-----
	PT (g hab-d)	0.59	0.36	----	0.5 - 1.0	-----	-----	-----	-----	1.0 - 2.0	-----	-----	-----

Tabla No.IV-11. Resumen y comparación de resultados obtenidos en las residenciales de estudio versus recomendados guías nacionales y bibliografía.

[1] Datos aportados por ENACAL de la PTAR – Managua, está citado en el estudio de consultoría: Actualización de los estudios de factibilidad y diseños finales de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario de la ciudad de Bluefields/Nicaragua. Asociación momentánea VEOLIA-TECNITASA. 2013.

[2] Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario para la ciudad de Granada/Nicaragua. KFW. 2005.

[3] Estudios de factibilidad y diseños finales para el mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Masaya. Asociación momentánea VEOLIA-TECNITASA. 2013.

[4] Estudio de factibilidad y diseño final del proyecto mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario de la ciudad de León, Departamento de León. DINTRA5. 2017.

[5] Alarcón, E. & Román, R. (2003)

[6] Titirico, (2008).

[7] Tchobanoglous, G., Burton, F. & Stensel, H. (2003).

El resumen de los resultados de carga orgánica y de nutrientes per cápita encontrados en las residenciales del estudio se presenta en la Tabla No.IV-11, además valores de normas y estudios de referencia considerados para comparar los resultados obtenidos, a continuación se presenta una comparación de los resultados:

a) Carga orgánica per cápita en términos de DQO y DBO₅

Las normas y guías nacionales nicaragüenses no establecen valores de carga orgánica per cápita en términos de DQO; Sin embargo, los valores de carga orgánica per cápita encontrados en Condominio Palmetto 110.64 g hab-d y Urbanización San Miguel 86.23 g hab-d, son comparables a los valores reportados en estudios realizados a nivel nacional; para la ciudad de Managua con 95.51 g hab-d, Granada 93 g hab-d, Masaya 104.52 g hab-d , León 81.67 g hab-d y con otros valores promedios presentados por CIRH 1990 entre 80 – 120 g hab-d , no obstante Metcalf & Eddy (1995) propone valores promedios que oscilan entre 110 – 120 g hab-d para este parámetro.

En términos de DBO₅, la normativa nacional propone un valor entre 23 – 60 g hab-d , en el Condominio Palmetto se encontró 70.91g hab-d y en la Urbanización San Miguel 46.71 g hab-d , estudios nacionales presentados por CIRH 1990 revelan datos promedios entre 30 – 45 g hab-d , además para ciudades importantes como Managua se encontraron valores de 46.22 g hab-d , Granada 46.5 g hab-d , Masaya 34.8 g hab-d y León 50.63 g hab-d , sin embargo otras fuentes de referencia como Metcalf & Eddy (1995) presentan valores promedios que oscilan entre 65 – 120 g hab-d , en países como Chile se reportan valores promedio de 40 g hab-d ,en Bolivia de 54 g hab-d y Estados Unidos de 80 g hab-d .

b) Carga de nutrientes per cápita en términos de NT y PT

Las normas y guías nacionales (Guía INAA 1999 y 2004) no establecen valores de carga de nutrientes per cápita en términos de Nitrógeno total; Sin embargo, los valores encontrados en Condominio Palmetto 10.2 g hab-d y en la Urbanización San Miguel 9.19 g hab-d , no son comparables a los valores reportados en estudios nacionales como los presentados por CIRH 1990 cuyo rango promedio es de 1.5 – 2.2 g hab-d , no obstante en otras referencia como Metcalf & Eddy (1995) se presenta rangos promedios que van de 9 – 21.5 g hab-d .

De la misma forma las normas y guías nacionales no establecen valores para la carga de nutrientes per cápita en términos de Fósforo total, los valores encontrados en Condominio Palmetto son de 0.59 g hab-d y en la Urbanización San Miguel 0.36 g hab-d , muy similares a los reportados en estudios nacionales CIRH 1990 con valores en un rango promedio de 0.5 – 1.0 g hab-d , otras referencia como Metcalf & Eddy (1995) presenta valores en rangos promedios de 1.0 – 2.0 g hab-d respectivamente.

*a) Hidrogramas de abastecimiento de agua potable y agua residual*Condominio Palmetto

En los hidrogramas variación de caudal horario y promedio diario de agua potable se determinó un caudal máximo de 8.33 lps, un caudal promedio diario de 1.98 lps; y un día de máximo consumo de 2.69 lps.

Los hidrogramas de caudal promedio diario y promedio horario de agua residual se determinó que el caudal máximo es de 2.51 lps, el caudal promedio de 1.81 lps; el caudal promedio horario máximo de 3.31 lps que se da a las 10 am.

El consumo per cápita o dotación de agua potable es de 274.6 l/hab/día. Este valor resulta menor que lo establecido por el INAA en la NTON 09 003-99 para zonas de media densidad que recomienda 378 l/hab/día.

Urbanización San Miguel

En los hidrogramas variación de caudal horario y promedio diario de agua potable para Urbanización San Miguel se determinó un caudal máximo de 10.92 lps, un caudal promedio diario de 3.71 lps y un día de máximo consumo de 4.99 lps.

Los hidrogramas de caudal promedio diario y promedio horario de agua residual se determinó que el gasto máximo es de 4.93 lps, el promedio de 3.38 lps; el caudal promedio horario máximo de 4.89 lps que se da a las 7 am.

El consumo per cápita o dotación de agua potable para esta urbanización es de 267 l/hab/día. Este valor resulta mayor que lo establecido por el INAA en la NTON 09 003-99 para zonas de alta densidad que recomienda de 150 l/hab/día. Creemos que el exceso de consumo de agua potable se debe a que los hogares en esta urbanización no cuentan con micro-medidores y el cobro de AP se hace mediante cuota fija.

b) Factores de consumo máxima hora, máximo día, promedio diario , factor de Harmon y factor de retorno de generación de agua residual

Condominio Palmetto

El factor máximo día es de 1.37 que corresponde al 137%, encontrándose dentro del rango 130 – 150% recomendado para las localidades del país exceptuando la ciudad de Managua por la norma NTON 09-003-99 (2.5-a).

El factor máxima hora es de 2.63, equivale al 263%, siendo mayor al recomendado por la norma NTON 09-003-99 (2.5-a) que define un 250% para todo el país exceptuando Managua.

Los resultados de los factores de Harmon calculado (3.83) se comportan de manera similar en un 97%, con respecto al valor teórico (3.92); ambos valores son mayores al valor recomendado por INAA.

El factor de retorno de agua residual es de 91% superando en un 14% al valor 80% recomendado por INAA.

Urbanización San Miguel

El factor máximo día es de 1.34 ó 134%, encontrándose dentro del rango 130 – 150% recomendado para las localidades del país exceptuando la ciudad de Managua por la norma NTON 09-003-99 (2.5-a).

El factor máxima hora es de 2.92, equivalente a 292%, siendo mayor al recomendado por la norma NTON 09-003-99 (2.5-a) que define un 250% para todo el país exceptuando la ciudad de Managua.

Los resultados de los factores de Harmon calculado (2.3) se comporta de manera similar en un 84%, con respecto al valor teórico (2.74); ambos valores se encuentra en el rango entre 1.8 a 3.0 recomendado por INAA.

El factor de retorno de agua residual es de 91% superando en un 14% al valor 80% recomendado por INAA.

c) Cargas orgánica per cápita y carga de nutrientes per cápita

Condominio Palmetto

La carga orgánica per cápita determinada en términos de DQO es de 110.64 g hab-d y de DBO₅ de 70.97 g hab-d.

La carga de nutrientes per cápita determinada en términos de Nitrógeno total es de 10.2 g hab-d y de Fósforo total de 0.59 g hab-d.

Urbanización San Miguel

La carga orgánica per cápita determinada en términos de DQO es de 86.23 g hab-d y de DBO₅ de 46.71 g hab-d.

La carga de nutrientes per cápita determinada en términos de Nitrógeno total es de 9.19 g hab-d y de Fósforo total de 0.36 g hab-d.

d) valores obtenidos con los recomendados en las guías nacionales y bibliografía

Las normas y guías nicaragüenses no establecen valores de carga orgánica per cápita en términos de DQO; Sin embargo, los valores encontrados en Condominio Palmetto con 110.64 g hab-d y Urbanización San Miguel con 86.23 g hab-d, son comparables y similares a los valores reportados en estudios realizados a nivel nacional y en referencias bibliográficas internacionales.

En términos de DBO₅, la normativa nacional propone un valor entre 23 – 60 g hab-d, en el Condominio Palmetto se encontró 70.91g hab-d y en la Urbanización San Miguel 46.71 g hab-d, estos valores son comparables y similares a los valores reportados en estudios realizados a nivel nacional y a valores de otros países según bibliografía.

Las normas y guías nacionales no establecen valores de carga de nutrientes per cápita en términos de Nitrógeno total; Sin embargo, los valores encontrados en Condominio Palmetto 10.2 g hab-d y en la Urbanización San Miguel 9.19 g hab-d, no son comparables a los valores reportados en estudios nacionales, pero si con otras referencia bibliográficas.

De forma similar las normas y guías nacionales no establecen valores para la carga de nutrientes per cápita en términos de Fósforo total, los valores encontrados en Condominio Palmetto son de 0.59 g hab-d y en la Urbanización San Miguel 0.36 g hab-d, muy similares a los reportados en estudios nacionales y otras referencias.

Ampliar los periodos de monitoreo y muestreo en ambas residenciales con el objetivo de obtener datos en diferentes periodos del año considerando las variaciones estacionales del clima; en caso de hacerse este tipo de ampliación se recomienda la instalación de equipos recolectores de datos automatizados que permitan una mayor precisión y reduzcan sesgos sistemáticos.

Realizar este mismo tipo de estudios en otras residenciales con condiciones similares en el país, con el objetivo de crear una base de datos que permita hacer una inferencia estadísticamente significativa que de pautas para evaluar las normativas actuales sobre valores recomendados de carga orgánica per cápita y factores de generación de agua residual.

Las entidades estatales como ENACAL e INAA y la Cámara de Urbanizadores promuevan e incentiven a las asociaciones profesionales la organización de este tipo de investigación y su implementación como referencia en diseños de sistemas de tratamientos de agua residual.

Los urbanizadores aseguren la instalación de dispositivos de medición de caudal de agua potable y de agua residual para facilitar el monitoreo y el muestreo de sus sistemas.

Las Universidades establezcan mejores vínculos con la Cámara de Urbanizadores con el objetivo de facilitar el acceso a los acueductos y sistemas de alcantarillado sanitario de los residenciales.

Alarcón, E. & Román, R. (Octubre, 2003). Análisis del aporte de carga orgánica en nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas de Rancagua, Los Ángeles y Curicó. Simposio llevado a cabo XV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS, Concepción, Chile. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile15/aporte.pdf>

Crowe, C.T., Elger, D.F., & Roberson, J.A. (2005). *Engineering Fluid Mechanics*. Estados Unidos: John Wiley & Sons. Inc.

Fattorely, S. (2011). *Diseño Hidrológico* (2da Edición ed.). Zaragoza, España.

Fair, G.M., Geyer, J.C., & Okun D.A. (2011). *Water and Wastewater Engineering: Water Supply and Wastewater Removal*. Estados Unidos: John Wiley & Sons. Inc.

Figueroa, S. (2003). <http://www.5campus.com>. Retrieved 04 10, 2017, from <http://www.5campus.com/leccion/aed>: <http://www.5campus.com/leccion/aed>

Flores, C.H., Perruolo, T., Tarre, Y. & Flores, K. (2005). *Eliminación Biológica de Nitrógeno y Fosforo de Aguas Residuales Domésticas*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/tarre.pdf>

Garro, E. (2014, 10 12). <http://www.pxsglobal.net>. Retrieved 04 12, 2017, from <http://www.pxsglobal.net/blog/2014/10/12/ver-la-desviacion-estandar-el-punto-de-vista-de-pxs/>: <http://www.pxsglobal.net/blog/2014/10/12/ver-la-desviacion-estandar-el-punto-de-vista-de-pxs/>

Hamilton, D. (2012, 23 de Abril) Organic Mater Content of Wastewater and Manure. *Oklahoma Cooperative Extension Service*. Recuperado de <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-8265/BAE-1760web.pdf>

Instituto Nicaragüense de Acueductos y alcantarillados. (2004). *Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Managua, Nicaragua: Litografía y Serigrafía Xolotlán

Instituto Nicaragüense de Acueductos y alcantarillados (NTON 09003-99). (2001). *Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua*. Managua, Nicaragua: IMPRIMATUR Artes Gráficas.

Lin, S.D. (2007). *Water and Wastewater Calculations Manual*. Estados Unidos: McGraw-Hill Companies, Inc.

Lothar, M. (Septiembre, 1980). Aspectos Prácticos de Diseño de Lagunas de Estabilización. Conferencia llevada a cabo en el curso para ingenieros sobre operación y mantenimiento de lagunas para estabilización de aguas residuales, Lima, Perú.

Mendoza, H, Bautista, G. (2002). Probabilidad y Estadística. Universidad Nacional de Colombia, <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/>. Licencia: Creative Commons BY-NC-ND.

Mac Berthouex, P. (2002). *Statistics for Environmental Engineers* (2nd Edition ed.). (L. Publishers, Ed.) New York, USA.

NOAA. (2015). Hydrographs. Recuperado de http://www.nws.noaa.gov/os/hod/SHManual/SHMan017_hydrograph.htm

Navidi, W. (2006). *Estadística para Ingenieros y Científicos*. (M. H. C.V, Ed., & A. E. Hernández, Trans.) México: McGraw Hill.

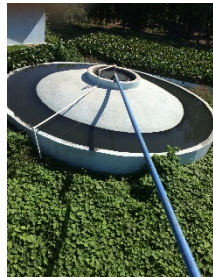
- Oliveira, S.C. & Sperling, M. (2011). Performance evaluation of different wastewater treatment technologies operating in a developing country. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 01.1, 37-56. doi:10.2166/washdev.2011.022
- Steel, E.W., & McGhee, T.J. (1981). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Suematsu, G. (Agosto, 1997). IV Curso Internacional sobre Lagunas de Estabilización: Diseño, Construcción, Mantenimiento y Uso del Efluente. Conferencia llevada a cabo en el IV Curso Internacional sobre Lagunas de Estabilización, Lima, Perú.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. & Stensel, H. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Estados Unidos: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Treaster, J.B. (2013). The Struggle for Clean Drinking Water in Latin America. *Revista*. (2), p.7
- Tebbut, T.H. (1998). *Principles of Water Quality Control*. Inglaterra: Elsevier Science Linacre House.
- Torres, P., Foresti, E. & Vazoller, R. (Septiembre, 1996). Composición y uso de agua residual doméstica en reactores a escala de laboratorio. Conferencia llevada a cabo en el congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental, México, D.F.
- Viessman, W., Hammer, M.J., Pérez, E. & Chadik, P. (2009). *Water Supply and Pollution Control*. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.

Anexo No. 1. Fotos de la Planta de Tratamiento de Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.

Planta de Tratamiento de agua residual Condominio Palmetto.



Planta de tratamiento de agua residual Urbanización San Miguel.



Anexo No. 2. Fotos de muestreo de las Planta de Tratamiento de Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.

Toma de muestras ingreso a la PTAR Condominio Palmetto.



Toma de muestras ingreso a la PTAR Urbanización San Miguel.



Anexo No. 3.Resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de PTAR Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.

Muestra de resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de PTAR Condominio Palmetto



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



PIENSA

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AAR1606-049

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio, Comunidad, Departamento		TELÉFONO
Pablo Angulo y Alejandro González		Km. 10.5 Carretera Nueva León 4Km Oeste		NR
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Pablo Angulo y Alejandro González		Estudiantes MIA	plafangulo@gmail.com	8819-8751
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
20/06/2016	20/06/2016	27/06/2016	27/06/2016	2469
Fecha y Hora de Muestreo			17/06/2016; 24 horas.	
Muestreado por			Pablo Angulo	
Supervisor de Muestreo en Campo			NR	
Fuente			Condominio Palmetto	
Tipo de Muestra			Agua Residual Compuesta Afluente	
Observaciones de Ubicación			Planta de Tratamiento	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1606-0496	
METODO	ENSAYO REALIZADO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Rango o valor máximo permisible
SM // EPA	PARAMETRO		PUNTO DE MUESTREO 1	
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	531.81	
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	312.00	
4500-B	Nitrógeno Total	mg/l	39.20	
4500-C	Fósforo Total	mg/l	1.681	NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 ≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma. NR= No Reporta.
 SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente



COORDINACIÓN TÉCNICA
Dr. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.


Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios 5847-6823 y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

0004104

Muestra de resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de PTAR Urbanización San Miguel.



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua
LABORATORIO AMBIENTAL



CERTIFICADO DE ENSAYOS LA-AAR1612-099

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA Pablo Angulo y Alejandro González		DIRECCIÓN: Calle, Municipio, Comunidad, Departamento Km. 10.5 Carretera Nueva León 4Km Oeste		TELÉFONO NR	
ATENCIÓN: Pablo Angulo y Alejandro González		CARGO Estudiantes MIA	EMAIL plafangulo@gmail.com		CÉLULAR 8819-8751
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO: 05/12/2016	INICIO DE ANALISIS: 06/12/2016	FINAL DE ANALISIS: 12/12/2016	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS 13/12/2016	CADENA DE CUSTODIA 2617	NUMERO DE MUESTRAS Dos (2)
Fecha y Hora de Muestreo Muestreado por Supervisor de Muestreo en Campo Fuente Tipo de Muestra Observaciones de Ubicación Coordenadas Codificación PIENSA			02-03/12/2016; 7:00AM-12:00PM Pablo Angulo NR Urbanización San Miguel Agua Residual Compuesta Afluente Planta de Tratamiento NR LA-1612-0919		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1		Rango o valor máximo permisible Art. No. *19
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	338.35		900
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	160.00		400
4500-B	Nitrógeno Total	mg/l	42.24		NE
4500-C	Fósforo Total	mg/l	1.809		NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente



Ph.D. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0004394

Anexo No. 4.Formato de encuesta aplicada y procesada para los. Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.

Formato de encuesta rápida aplicada a las residenciales.

Encuesta rápida para aplicar a los habitantes de las Residenciales

No. _____

I. Ubicación de la Vivienda (Marcar con una "X" la casilla según corresponda).

a) Departamento Managua ☐ c) Nombre del Sitio Urb. San Miguel ☐
 Masaya ☐ Condominio Palmetto ☐

b) Municipio Ciudad Sandino ☐ d) No. de casa _____
 Nindirí ☐

II. Datos específicos de la vivienda y sus habitantes (Marcar con una "X" la casilla según corresponda).

a) No. de personas que habitan la vivienda

b) Sobre la permanencia y uso de la vivienda:

1) Pasan todo la semana si ☐ no ☐

2) Pasan solo el fin de semana si ☐ no ☐

3) Otros _____

III. Lavado de Ropa (Marcar con una "X" la casilla según corresponda).

a) Cuantos días hace lavado de ropa en la semana?

b) Como Realiza el lavado de ropa?

Manual: ☐ Lavadora: ☐

c) Que días realiza el lavado de ropa?

Lunes ☐ Jueves ☐ Domingo ☐

Martes ☐ Viernes ☐

Miércoles ☐ Sábado ☐

IV. Preparación de alimentos en casa

a) Prepara a diario en su casa su:

1) Desayuno ☐

2) Almuerzo ☐

3) Cena ☐

b) Cuantos días a la semana cocina su comida en casa

Análisis de los resultados de las encuestas para el Condominio Palmetto.

Resultados de la encuesta rápida realizada en Condominio Palmetto y su análisis estadístico

II. Datos específicos de la vivienda y sus habitantes

a) No. de personas que habitan la vivienda

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Pers_Viv	24	3.333333	1.522774	1	7

Población total

623 hab.

Tabulación de resultados

No. de personas que habitan la vivienda	Freq.	Percent	Cum.
---	-------	---------	------

Días	Freq.	Percent.	Cum.
1	2	8.33	8.33
2	6	25	33.3
3	6	25	58.3
4	5	20.83	79.2
5	3	12.5	91.7
6	1	4.17	95.8
7	1	4.17	100

Días	Freq.	Percent.
1	2	8.33
2	6	25
3	6	25
4	5	20.83
5	3	12.5
6	1	4.17
7	1	4.17

b) Sobre la permanencia y uso de la vivienda:

1) Pasan todo la semana en casa

Sobre la permanencia y uso de la vivienda	Freq.	Percent	Cum.
---	-------	---------	------

Si	22	91.67	91.67
No	2	8.33	100.00

Total

2) Pasan solo el fin de semana en casa

Sobre la permanencia y uso de la vivienda	Freq.	Percent	Cum.
---	-------	---------	------

Si	22	91.67	91.67
No	2	8.33	100.00

Total

III. Lavado de Ropa (Marcar con una "X" la casilla según corresponda).

a) Cuantos días hace lavado de ropa en la semana?

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
dias_lav	24	2.291667	1.390313	1	7

Cuantos días hace lavado de ropa en la semana?	Freq.	Percent	Cum.
--	-------	---------	------

1	8	33.33	33.33
1.5	2	8.33	41.67
2	3	12.50	54.17
3	9	37.50	91.67
4	1	4.17	95.83
7	1	4.17	100.00

Total

Días Lavado	Freq.	Percent.	Cum.
1	8	33.33	33.3
1.5	2	8.33	41.7
2	3	12.5	54.2
3	9	37.5	91.7
4	1	4.17	95.8
7	1	4.17	100

Días	Freq.	Percent.
1	8	33.33
1.5	2	8.33
2	3	12.5
3	9	37.5
4	1	4.17
7	1	4.17

Lavado	Freq.	Percent.	Cum.
--------	-------	----------	------

Manual	4	16.67	16.7
Lavadora	13	54.17	70.8
Ambos	7	29.17	100

Lavado	Percent
Manual	16.67%
Lavadora	54.17%
Ambos	29.17%

c) Que días realiza el lavado de ropa?

Lunes

Que días realiza el lavado de ropa?	Freq.	Percent	Cum.
-------------------------------------	-------	---------	------

Si	13	100.00	100.00
----	----	--------	--------

Total

Martes

Que días realiza el lavado de ropa?	Freq.	Percent	Cum.
-------------------------------------	-------	---------	------

Si	3	100.00	100.00
----	---	--------	--------

Total

Miércoles

Que días realiza el lavado de ropa?	Freq.	Percent	Cum.
-------------------------------------	-------	---------	------

Si	11	100.00	100.00
----	----	--------	--------

Total

Jueves

Que días realiza el lavado de ropa?	Freq.	Percent	Cum.
-------------------------------------	-------	---------	------

Si	3	100.00	100.00
----	---	--------	--------

Total

Viernes

Que días realiza el lavado de ropa?	Freq.	Percent	Cum.
-------------------------------------	-------	---------	------

Si	10	100.00	100.00
----	----	--------	--------

Total

Sábado

Que días realiza el lavado de ropa?	Freq.	Percent	Cum.
-------------------------------------	-------	---------	------

Si	8	100.00	100.00
----	---	--------	--------

Total

Domingo

Que días realiza el lavado de ropa?	Freq.	Percent	Cum.
-------------------------------------	-------	---------	------

Si	2	100.00	100.00
----	---	--------	--------

Total

IV. Preparación de alimentos en casa

a) Prepara a diario en su casa su:

Desayuno

Prepara a diario en su casa su:	Freq.	Percent	Cum.
---------------------------------	-------	---------	------

Si	17	70.83	70.83
----	----	-------	-------

No	7	29.17	100.00
----	---	-------	--------

Total

Almuerzo

Prepara a diario en su casa su:	Freq.	Percent	Cum.
---------------------------------	-------	---------	------

Si	19	79.17	79.17
----	----	-------	-------

No	5	20.83	100.00
----	---	-------	--------

Total

Cena

Prepara a diario en su casa su:	Freq.	Percent	Cum.
---------------------------------	-------	---------	------

Si	19	79.17	79.17
----	----	-------	-------

No	5	20.83	100.00
----	---	-------	--------

Total

b) Cuantos días a la semana cocina su comida en casa

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
dias_coc	23	6.1732051	2	7	7

dias_coc

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

23 6.1732051 2 7

Día	Freq.
L	22
M	11
T	22
J	11
V	22
S	11
D	11

Análisis de los resultados de las encuestas para Urbanización San Miguel.

Resultados de la encuestas rápida realizad en Urbanización San Miguel y su análisis estadístico

II. Datos específicos de la vivienda y sus habitantes							III. Lavado de Ropa (Marcar con una "X" la casilla según corresponda).							IV. Preparación de alimentos en casa										
a) No. de personas que habitan la vivienda							a) Cuantos días hace lavado de ropa en la semana?							a) Prepara a diario en su casa su:										
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Población total 1200	Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max		Prepara a										
Pers_Viv	21	3.857143	1.108409	2	6		días_lav	21	3	2.024846	1	7		diario en										
Tabulación de resultados							Cuantos							su casa su:										
No. de							días hace							Freq. Percent Cum.										
personas							lavado de							Si 14 50%										
que habitan							ropa en la							No 14 50.0 100.0										
la vivienda							semana?							Total 21 100.0										
	Freq.	Percent	Cum.					Freq.	Percent	Cum.														
2	2	9.52	9.52				1	5	23.81	23.81														
3	7	33.33	42.86				2	6	28.57	52.38														
4	5	23.81	66.67				3	5	23.81	76.19														
5	6	28.57	95.24				5	2	9.52	85.71														
6	1	4.76	100.00				7	3	14.29	100.00														
Total							Total							Total										
b) Sobre la permanencia uso de la vivienda:							b) Como Realiza el lavado de ropa?							Almuerzo										
1) Pasan todo la semana en casa							Como							Prepara a										
Sobre la							Realiza el							diario en										
permanencia							lavado de							su casa su:										
y uso de la							ropa?							Freq. Percent Cum.										
vivienda							Manual			Lavadora			Ambos			Si			No					
							11 52.38 52.38			7 33.33 85.71			3 14.29 100.0			15 71.00 71.00			6 29.00 100.00					
Total							21 100.00			Total			21 100.00			Total			71% 29%					
2) Pasan solo el fin de semana en casa							c) Que días realiza el lavado de ropa?							Cena										
Sobre la							Lunes							Prepara a										
permanencia							Que días							diario en										
y uso de la							realiza el							su casa su:										
vivienda							lavado de							Freq. Percent Cum.										
							Si			No			Si			No			Si			No		
							2 10 10			19 90 90.00			8 100.00 100.00			10 100.00 100.00			19 90.00 90.00			6 90%		
Total							21 100.00			Total			21 100.00			Total			21 100.00			Total		
b) Sobre la permanencia uso de la vivienda:							Martes							Viernes										
1) Pasan todo la semana en casa							Que días							Que días										
Sobre la							realiza el							realiza el										
permanencia							lavado de							lavado de										
y uso de la							ropa?							ropa?										
vivienda							Si			No			Si			No			Si			No		
							11 100.00 100.00			Total			8 100.00 100.00			10 100.00 100.00			10 100.00 100.00			8 100.00		
							Total			11 100.00			Total			8 100.00			Total			6 100.00		
2) Pasan solo el fin de semana en casa							Miércoles							Sábado										
Sobre la							Que días							Que días										
permanencia							realiza el							realiza el										
y uso de la							lavado de							lavado de										
vivienda							Si			No			Si			No			Si			No		
							8 100.00 100.00			11 100.00 100.00			10 100.00 100.00			6 100.00 100.00			10 100.00 100.00			8 100.00		
Total							8 100.00			Total			11 100.00			Total			10 100.00			Total		
b) Sobre la permanencia uso de la vivienda:							Domingo							Domingo										
1) Pasan todo la semana en casa							Que días							Que días										
Sobre la							realiza el							realiza el										
permanencia							lavado de							lavado de										
y uso de la							Si			No			Si			No			Si			No		
							11 100.00 100.00			11 100.00			8 100.00 100.00			6 100.00 100.00			6 100.00 100.00			6 100.00		
Total							11 100.00			Total			11 100.00			Total			8 100.00			Total		

Días	Freq.	Percent.	Cum.
2	2	8.33	8.33
3	7	25	33.33
4	5	25	58.3
5	6	20.83	79.2
6	1	1	91.7

Días lavados	Freq.	Percent.	Cum.
1	5	23.81	23.8
2	6	28.57	52.4
3	5	23.81	76.2
5	2	9.52	85.7
7	3	14.29	100

Manual	Lavadora	Ambos
53%	33%	14%

Día	Freq.
L	11
M	8
M	11
J	8
V	10
S	8
D	6

Anexo No.5.Formato de recolección de datos para monitoreo de PTAR y AP. Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.

Formato de recolección de datos para monitoreo de PTAR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INVESTIGACION ESTUDIOS NACIONALES Y SERVICIOS AMBIENTALES
FORMATO DE MONITOREO DIARIO DE PTAR

CONDOMINIO/RESIDENCIAL					DIRECCIÓN DE MUESTREO:				
TURNO		INICIO DE MUESTREO	FINAL DE MUESTREO	FECHA				MONITOREO REALIZADO POR:	
				Aforo Canal Parshall (S=6")		Aforo Vertedero con 2 Contracciones			
				Q =	Kha^n				
				k:	0.381	Q= 1.84 (L-0.2H)H^3/2			
				n:	1.58	L:	0.3		
ID	HORA	pH	T°	Ha	Q	H	Q	Promedio	Observaciones
			°C	(cm)	(l/s)	(Cm)	(l/s)	(s)	
1	7:00:00 AM								
2	8:00:00 AM								
3	9:00:00 AM								
4	10:00:00 AM								
5	11:00:00 AM								
6	12:00:00 PM								
7	1:00:00 PM								
8	2:00:00 PM								
9	3:00:00 PM								
10	4:00:00 PM								
11	5:00:00 PM								
12	6:00:00 PM								
13	7:00:00 PM								
14	8:00:00 PM								
15	9:00:00 PM								
16	10:00:00 PM								
17	11:00:00 PM								
18	12:00:00 AM								
19	1:00:00 AM								
20	2:00:00 AM								
21	3:00:00 AM								
22	4:00:00 AM								
23	5:00:00 AM								
24	6:00:00 AM								

LEYENDA LECTURA DE AFORO :

T1= Tiempo de lectura 1, T2= Tiempo de lectura 2, T3= Tiempo de lectura 3.

OBSERVACIONES ADICIONALES:

MONITOREADO POR:

Supervisor del monitoreo

Declaramos que este informe de muestreo será de uso exclusivo para los fines establecidos en la investigación en desarrollo.

Formato de recolección de datos para monitoreo de AP

PROGRAMA DE INVESTIGACION ESTUDIOS NACIONALES Y SERVICIOS AMBIENTALES FORMATO DE MONITOREO DIARIO DE AGUA POTABLE

CONDominio/RESIDENCIAL:								DIRECCIÓN DE MUESTREO:	
San Miguel									
TURNO						INICIO DE MUESTREO:	FINAL DE MUESTREO:	MONITOREO REALIZADO POR:	
Area del Tanque:		m2							
ID	HORA	Lectura Inicial (PSI)	Lectura Final (PSI)	Diferencia Presion(PSI)	Diferencia Presion(mca)	Volumen (m3)	Caudal Q (m³/h)	Observaciones	
1	7.00								
	8.00								
2	8.00								
	9.00								
3	9.00								
	10.00								
4	10.00								
	11.00								
5	11.00								
	12.00								
6	12.00								
	13.00								
7	13.00								
	14.00								
8	14.00								
	15.00								
9	15.00								
	16.00								
10	16.50								
	17.00								
11	17.00								
	18.00								
12	18.00								
	19.00								
13	19.00								
	20.00								
14	20.00								
	21.00								
15	21.00								
	22.00								
16	22.00								
	23.00								
17	23.00								
	0.00								
18	0.00								
	1.00								
19	1.00								
	2.00								
20	2.00								
	3.00								
21	3.00								
	4.00								
22	4.00								
	5.00								
23	5.00								
	6.00								
24	6.00								
	7.00								

OBSERVACIONES ADICIONALES:

MONITOREADO POR:

Anexo No.6. Metodología análisis estadístico de los registros de caudal de PTAR para Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.

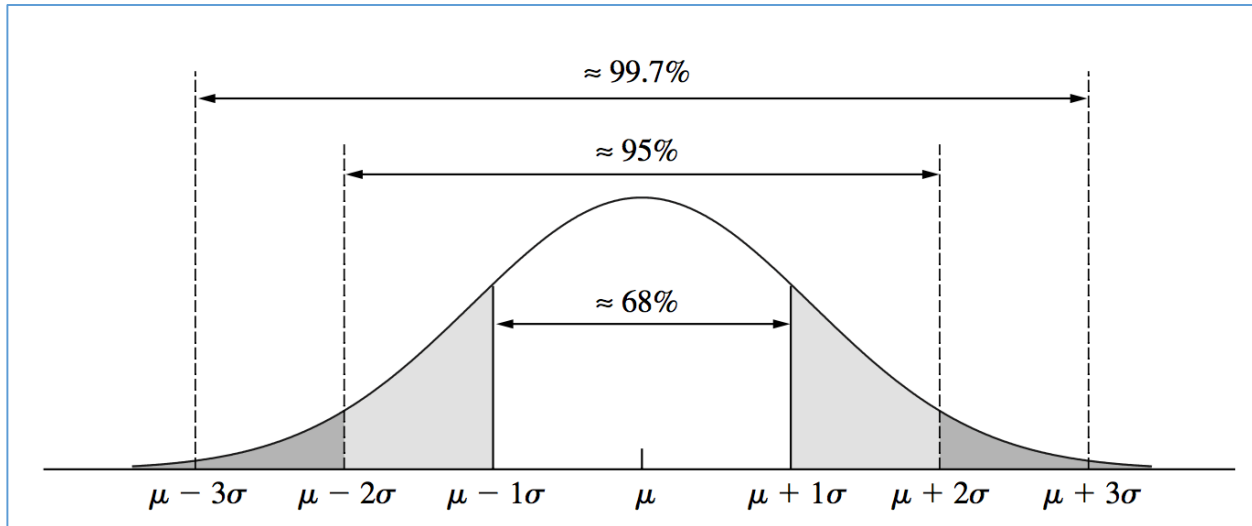
Tratamiento estadístico a los datos de monitoreo

Datos Atípicos (Outliers)

Los datos de aforo levantados durante los 30 días de monitoreo tanto para la base de datos de observaciones en la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) como en el sistema de agua potable (AP), serán sometidos a un tratamiento estadístico para identificar datos atípicos (Outliers); Se denomina datos atípicos aquellos datos cuyos valor mismo está muy por encima del promedio y a su vez no pueden ser representativos de la población y pueden distorsionar el comportamiento estadístico de esta, según (Navidi, 2006) los datos atípicos representan un problema y que no pueden ser eliminados a menos que exista una seguridad de que estos son resultados de errores; sin embargo estos datos pueden estar representando una característica valida de un parte de la población, por lo que surge la necesidad de realizar un tratamiento estadístico particular para su identificación y tratamiento.

Identificación de datos Atípicos

Existen diversas metodología para la identificación de datos atípicos es posible la identificación desde el punto de vista univariante o multivariante; siendo la perspectiva univariante la que examina la distribución de las observaciones por variable , siendo los casos atípicos aquellos cuyo valores están fuera de los rangos de distribución y de un umbral específico (Figueroa, 2003); para el presente estudio se establece como umbral específico de valores atípicos aquellos casos cuyo valor supere las 2 desviaciones estándar de los datos de la muestra, además según (E, 2014) presenta que el 95.45 % de los datos se encuentran concentrado a dos desviaciones estándar de la media ($\pm 2 \sigma$), asumiendo que los datos tiene una distribución normal y considerando este valor como el valor mínimo requerido para el presente estudio y manteniendo los intervalos de confianza del 5% y como error mínimo el 5% respectivamente.



Gráfica de Campana de Gauss para la Distribución Normal y porcentaje de datos por cada Desviación Estándar Fuente: Navidi, W. (2006).

La relación a aplicar a todo los datos para determinar que valores son atípicos y cuales están dentro de los rangos normales es:

$$Atipico = \frac{(X_i - X)}{s}$$

Dónde: X_i = valor observado

X = media aritmética

s = Desviación estándar

Los resultado de cada observación cuyos valor sean $> 2 \sigma$ se considera atípico y se someterá a una evaluación del comportamiento de este, en caso de no haber ninguna explicación por que es mayor será eliminado de la base de datos, todo los valores inferiores a 2σ se consideran datos atípicos y dentro de los rangos normal de la base de datos.

Tratamiento estadístico de datos observados con datos atípicos

Cálculo del valor promedio

Para determinar el valor promedio de los datos monitoreados tanto para PTAR y AP, se utiliza la media aritmética que representa la suma de los números en la muestra, dividido entre la cantidad total; esta se representa mediante la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Dónde:
 \bar{X} = Media muestral
 X_i = valores observados

Calculo de la desviación estándar

La desviación estándar se define como un valor que mide el grado de dispersión de una muestra, básicamente cuando la dispersión es grande, los valores se alejan de la media y cuando la dispersión es pequeña, los valores están más próxima a su media, (Navidi, 2006); la formula a utilizar para el cálculo de la desviación estándar es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Dónde:
 s = Desviación estándar muestral
 \bar{X} = media muestral ,
 X_i = valores observados
 n = Total de datos

Análisis estadístico de los datos observados ajustados

El análisis estadístico de los datos observados ajustados permite conocer el comportamiento de los caudales monitoreados para PTAR y AP, así mismo permite entender la dinámica de los caudales y evaluar cuáles son los parámetros estadísticos de mayor relevancia a determinar.

Los parámetros estadístico comúnmente usados para datos distribuidos normalmente son: la media, mediana, moda, varianza, desviación estándar, rango y el coeficiente de variación, (Tchobanoglous, 2003), (Navidi, 2006).

Media Aritmética

La media aritmética representa la suma de los números en la muestra, dividido entre la cantidad total; esta se representa mediante la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Dónde:
 X = Media muestral

X_i = valores observados

Mediana

La mediana es el valor de en medio de los datos ordenados de forma ascendente, si la cantidad de registros es par la mediana es el valor del centro $\frac{n}{2}$ si es impar el valor de la mediana es $\frac{n+1}{2}$.

Moda

La moda representa el registro con mayor frecuencia y puede ser modal (solo hay un valor con mayor frecuencia), multimodal (hay más de un registro frecuente) y amodal (no hay registros frecuentes).

Rango

El rango es una medida de dispersión y representa la diferencia entre el valor máximo y mínimo de una muestra; la fórmula para el cálculo es:

$$R = (XiMax - XiMin)$$

Donde:

R = Rango o recorrido

$XiMax$ = Máximos valores observados

$XiMin$ = Mínimos valores observados

Varianza

La varianza es el promedio de las desviaciones al cuadrado, mide el valor medio cuadrático de dispersión de los registros con respecto al promedio de la muestra. (Mac Berthouex, 2002); Según (Fattorely, 2011) la varianza indica cuan cerca de la media está el valor de la variable,

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

Dónde:

S^2 = Varianza muestral

\bar{X} = media muestral,

X_i = valores observados

n = Total de datos

Desviación Estándar

La desviación estándar se define como un valor que mide el grado de dispersión de una muestra, básicamente cuando la dispersión es grande, los valores se alejan de la media y cuando la dispersión es pequeña, los valores están más próxima a su media, (Navidi, 2006); la formula a utilizar para el cálculo de la desviación estándar es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Dónde:

S = Desviación estándar muestral

\bar{X} = media muestral,

X_i = valores observados

n = Total de datos

Coeficiente de Variación

El Coeficiente de variación expresa la variación en porcentaje de la desviación estándar y el promedio (Fattorely, 2011), y se calcula mediante la siguiente formula:

$$CV = \frac{s}{x} * 100$$

Dónde:

CV = Coeficiente de variación

x = media muestral

s = Desviación estándar muestral

Anexo No.7. Resultados del análisis estadístico de los registros de caudal de PTAR para Condominio Palmetto y Urbanización San Miguel.

Resultados del análisis estadístico de los registros del caudal que ingresa a la PTAR Condominio Palmetto

No.	Fecha	Media (l/s)	Mediana (l/s)	Minimo (l/s)	Maximo (l/s)	Rango (l/s)	Varianza (l/s)	Desviacion estandar (l/s)	Coefficiente de variacion (%)
1	17/05/2016	1.82	1.30	0.11	4.87	4.76	2.49	1.58	86.84
2	18/05 /2016	1.97	0.77	0.08	4.76	4.68	3.72	1.93	97.93
3	19/05 /2016	1.82	0.51	0.02	5.71	5.69	3.97	1.99	109.71
4	20/05 /2016	1.07	0.45	0.11	3.24	3.13	1.42	1.19	111.96
5	21/05 /2016	1.54	1.71	0.03	3.92	3.89	1.85	1.36	88.46
6	22/05/2016	1.94	1.27	0.03	5.38	5.35	3.54	1.88	97.16
7	23/05/2016	1.72	0.62	0.01	4.67	4.66	3.50	1.87	108.77
8	24/05/2016	1.83	1.34	0.04	4.75	4.71	3.01	1.74	94.99
9	25/05/2016	1.64	1.71	0.01	3.91	3.89	2.05	1.43	87.55
10	26/05/2016	2.43	2.71	0.08	4.46	4.37	2.21	1.49	61.16
11	27/05/2016	2.05	1.95	0.19	4.72	4.53	2.12	1.46	71.03
12	28/05/2016	2.35	2.10	0.07	6.28	6.20	3.38	1.84	78.06
13	29/05/2016	1.56	0.45	0.02	4.52	4.51	2.94	1.71	110.14
14	30/05/2016	1.72	1.51	0.02	4.58	4.56	2.16	1.47	85.39
15	31/05/2016	2.37	1.09	0.07	6.94	6.88	6.01	2.45	103.35
16	01/06/2016	0.97	0.22	0.02	4.04	4.02	2.04	1.43	147.88
17	02/06/2016	1.61	0.42	0.04	5.40	5.36	3.62	1.90	118.02
18	03/06/2016	1.68	0.57	0.02	4.89	4.87	2.92	1.71	101.54
19	04/06/2016	1.52	0.25	0.00	5.73	5.73	4.53	2.13	140.25
20	05/06/2016	1.54	0.33	0.02	5.77	5.75	4.05	2.01	130.95
21	06/06/2016	1.72	0.47	0.04	5.60	5.56	3.97	1.99	115.72
22	07/06/2016	1.45	0.90	0.04	5.14	5.09	2.21	1.49	102.13
23	08/06/2016	2.40	2.22	0.15	6.10	5.95	3.47	1.86	77.60
24	09/06/2016	2.23	2.15	0.02	5.14	5.12	3.38	1.84	82.33
25	10/06/2016	1.87	0.79	0.02	5.67	5.65	3.69	1.92	102.90
26	11/06/2016	1.90	0.83	0.02	5.28	5.27	4.16	2.04	107.21
27	12/06/2016	1.07	0.49	0.06	4.41	4.34	1.71	1.31	122.64
28	13/06/2016	2.51	3.00	0.15	5.05	4.90	3.00	1.73	69.06
29	14/06/2016	2.32	1.69	0.04	6.80	6.77	5.12	2.26	97.49
30	15/06/2016	1.52	0.39	0.04	4.19	4.15	3.05	1.75	114.77
Valores prom.		1.81	1.14	0.05	5.06	5.01	3.18	1.76	100.77

Resultados del análisis estadístico de los registros de caudal que ingresa a la PTAR Urbanización San Miguel.

<i>No.</i>	<i>Fecha</i>	<i>Media (l/s)</i>	<i>Mediana (l/s)</i>	<i>Minimo (l/s)</i>	<i>Maximo (l/s)</i>	<i>Rango (l/s)</i>	<i>Varianza (l/s)</i>	<i>Desviacion estandar (l/s)</i>	<i>Coficiente de variacion (%)</i>
1	03/10/2016	3.46	3.35	2.26	5.58	3.31	0.70	0.84	24.18
2	04/10/2016	3.51	3.46	1.74	5.32	3.58	0.81	0.90	25.57
3	05/10/2016	3.29	3.30	1.12	5.45	4.33	1.36	1.17	35.46
4	06/10/2016	3.57	3.51	1.50	6.63	5.14	1.55	1.24	34.87
5	07/10/2016	2.92	3.14	1.50	5.32	3.83	1.20	1.10	37.54
6	08/10/2016	3.60	3.79	1.12	5.96	4.84	1.78	1.33	37.05
7	09/10/2016	4.93	5.01	2.17	7.75	5.58	3.91	1.98	40.10
8	10/10/2016	3.46	3.15	1.82	6.50	4.67	1.71	1.31	37.82
9	11/10/2016	3.58	3.57	1.50	6.36	4.87	1.95	1.40	39.05
10	12/10/2016	3.68	3.25	2.08	5.70	3.62	1.58	1.26	34.20
11	13/10/2016	3.69	3.73	1.50	5.83	4.34	1.63	1.28	34.65
12	14/10/2016	2.84	2.64	1.50	5.32	3.83	1.02	1.01	35.57
13	15/10/2016	3.39	3.14	1.50	5.96	4.47	1.88	1.37	40.44
14	16/10/2016	4.15	3.84	2.45	6.77	4.32	1.63	1.28	30.76
15	17/10/2016	3.68	3.57	2.31	5.45	3.14	0.66	0.82	22.14
16	18/10/2016	3.68	3.57	2.74	5.32	2.58	0.46	0.68	18.35
17	19/10/2016	3.50	3.19	2.08	5.45	3.37	1.19	1.09	31.12
18	20/10/2016	3.53	3.51	0.98	5.83	4.85	1.78	1.34	37.80
19	21/10/2016	2.49	2.69	0.40	5.32	4.92	1.45	1.20	48.41
20	22/10/2016	3.15	2.96	0.50	7.04	6.54	4.43	2.10	66.73
21	23/10/2016	3.14	2.69	0.92	6.23	5.31	2.70	1.64	52.30
22	24/10/2016	2.70	2.59	1.66	3.90	2.24	0.41	0.64	23.85
23	25/10/2016	2.55	2.64	1.57	3.79	2.21	0.32	0.57	22.34
24	26/10/2016	3.09	3.14	1.57	4.71	3.13	0.69	0.83	26.88
25	27/10/2016	2.87	2.84	1.42	5.32	3.91	1.13	1.06	36.99
26	28/10/2016	2.83	2.94	1.50	4.59	3.09	0.81	0.90	31.91
27	29/10/2016	3.34	3.46	1.50	5.83	4.34	1.64	1.28	38.34
28	30/10/2016	4.28	4.53	1.66	6.10	4.44	1.30	1.14	26.57
29	31/10/2016	3.10	2.91	1.91	5.20	3.29	0.75	0.86	27.89
30	01/11/2016	3.08	3.04	2.36	4.07	1.71	0.17	0.41	13.26
Promedio		3.37	3.31	1.63	5.62	3.99	1.42	1.13	33.74